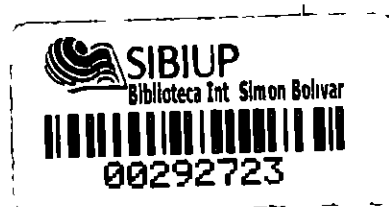


**UNIVERSIDAD DE PANAMÁ  
VICERRECTORIA DE INVESTIGACIÓN Y POSGRADOS  
MAESTRIA EN DESARROLLO DEL SECTOR MARÍTIMO CON ENFASIS EN  
ADMINISTRACIÓN DE PUERTOS Y CANALES**

**Proyecto de Tesis**



**El Transporte de Material Radiactivo a través del Canal de Panamá y sus  
Implicaciones Jurídicas, Económicas y Ambientales**

**Por**

**JOSÉ MANUEL BÓSQUEZ CASTILLO**

**Director Ponente**

**Dr. Juan A. Gómez**

**TESIS PRESENTADA COMO UNO DE LOS REQUISITOS PARA OPTAR POR  
EL GRADO DE MAESTRO EN DESARROLLO DEL SECTOR MARÍTIMO CON  
ENFASIS EN ADMINISTRACIÓN DE PUERTOS Y CANALES.**

**PANAMA**

**2016**

UNIVERSIDAD DE PANAMÁ  
VICERRECTORIA DE INVESTIGACIÓN Y POSGRADOS  
2016

A Dios quien su infinita bondad y misericordia ha estado conmigo en cada momento de mi vida y nunca me ha abandonado

A mis padres José del Carmen Bósquez y Dora de Bósquez, quienes con sacrificios y trabajo han sido modelos para lograr las metas que me he trazado, enseñándome que podemos alcanzar nuestros sueños si nos lo proponemos

A mis hermanas Olga Bósquez, Indira Bósquez de Ávila y Dora Bósquez por su apoyo en la realización y culminación de este trabajo de graduación

A todos mis demás familiares, amigos y compañeros que de una u otra forma contribuyeron para que pudiera alcanzar esta meta en mi vida

Gracias,

José Manuel

*U. de la Paz*

Agradezco a mi Director de Tesis el Dr Juan A Gómez, al igual que a mis jurados del Tribunal Calificador, el Dr Marco Tulio Hernández y al Licdo Fernando Solorzano, por ayudarme en el desarrollo y culminación del presente trabajo de graduación

A los Profesores que me brindaron todo su conocimiento, apoyo y dedicación a lo largo de toda la Maestría de Desarrollo del Sector Marítimo con Énfasis en Administracion de Puertos y Canales

## ÍNDICE GENERAL

### SECCIÓN PRELIMINAR

RESUMEN	I
INTRODUCCIÓN	II
REVISIÓN DE LITERATURA	III
ASPECTOS METODOLÓGICOS	IX

### CAPÍTULO I LA ENERGÍA NUCLEAR Y LOS MATERIALES Y RESIDUOS RADIATIVOS

A La energía nuclear	26
B Breve historia de la energía nuclear	29
C La radiactividad	33
1 Tipos de desintegración radiactiva	36
a La radiación Alfa	36
b La radiación beta	37
c La radiación gama	37
2 Efectos de las radiaciones ionizantes sobre la salud	38
a Absorción de radiación y daño celular	38
b Cánceres y daños hereditarios, efectos latentes o estocásticos	44
3 Sistemas de detección y medida de la radiación	50
D Fisión nuclear	53

E	Fusión nuclear	55
F	Las Centrales Nucleares	57
1	Funcionamiento	59
2	El Reactor Nuclear	60
a	Combustible nuclear	60
b	Barras de control	61
c	Moderador	61
d	Refrigerante	62
e	Reflector	62
f	Blindaje	62
3	Tipos de Reactor Nuclear	64
a	Reactor de agua a presión (PWR – Pressurized water reactor)	65
b	Reactor de agua en ebullición (BWR – Boiling water reactor)	66
G	Los Residuos Radiactivos	67
1	Definición	67
2	Origen	68
a	Generados en medicina e industria	70
b	Generados en el ciclo del combustible nuclear	71
c	Generados en el desmantelamiento de instalaciones nucleares	79
3	Clasificación	81
a	Residuos de bajo nivel o actividad	82
b	Residuos Transuránicos o media actividad	82

c	Residuos de alto nivel o actividad	85
4	Gestión de residuos nucleares	86
a	Aislamiento	87
b	Acondicionamiento	89
c	Transporte	90
H	Almacenamiento o Vertederos nucleares	92
1	Almacenes temporales	93
2	Almacenes geológicos	94
3	Almacenes submarinos	94

## CAPÍTULO II      REGIMÉN JURÍDICO INTERNACIONAL DEL TRANSPORTE DE MATERIAL Y RESIDUOS RADIATIVOS POR MAR

A	Surgimiento del Organismo Internacional de la Energía Atómica	96
1	Reglamento de transporte	99
a	Elaboración	103
b	Objetivo y alcance	107
c	Disposiciones principales	111
c 1	Medidas técnicas	112
c 2	Medidas administrativas	114
2	Código de práctica sobre el Movimiento Transfronterizo Internacional de Desechos Radiactivos	115
a	Elaboración	117

b	Objetivo y alcance	118
c	Disposiciones principales	119
c 1	Principio de seguridad	119
c 2	Consentimiento	120
c 3	Estructura reglamentaria	121
c 4	Capacidad Técnica	121
c 5	Cooperación internacional	121
B	Reglamentación técnica del transporte por mar de material y residuos radiactivos	123
1	El Código internacional para la seguridad del transporte de combustible nuclear irradiado, plutonio y desechos de alta actividad en bultos a bordo de los buques	123
a	Elaboracion	123
b	Objetivo y ámbito de aplicación	124
c	Disposiciones principales	125
c 1	Reconocimiento y certificación	125
c 2	Estabilidad con averia	126
c 3	Medidas de seguridad contra incendios	127
c 4	Regulación de la temperatura de los espacios de carga	128
c 5	Consideraciones estructurales	129
c 6	Medios de sujeción de la carga	129
c 7	Suministro de energía eléctrica	130

c 8	Equipo de protección radiológica	131
c 9	Gestión y formación	131
c 10	Plan de emergencia de a bordo	132
c 11	Notificación en caso de suceso relacionado con carga de CNI	133
2	El código internacional para el transporte de mercancías peligrosas en bultos a bordo de los buques (IMDG)	134
a	Elaboración	134
b	Objetivo y ámbito de aplicación	139
c	Disposiciones principales	143
c 1	Definición de Materiales radiactivos	146
c 2	Materiales de baja actividad específica (BAE)	147
c 3	Disposiciones relativas a los materiales radiactivos en forma especial	150
c 4	Objeto contaminado en la superficie (OCS)	151
c 5	Clasificación como bulto del tipo A	153
c 6	Clasificación como bultos del tipo B (U), del tipo B (M) o del tipo C	154
c 7	Materiales radiactivos que posean otras propiedades peligrosas	155
c 8	Programa de protección radiológica	156
c 9	Casos de incumplimiento	158
C	Régimen de responsabilidad civil en la esfera del transporte	



<b>Marítimo de material y residuos radiactivos</b>	<b>159</b>
<b>1 Convenio de París acerca de la responsabilidad civil en materia de energía nuclear y la Convención de Viena</b>	
responsabilidad civil por daños nucleares	159
a Responsabilidad estricta del explotador	162
b Limitación de la responsabilidad	164
c Garantía financiera obligatoria	166
d Jurisdicción y ejecución de las sentencias	167
e No discriminación	167
f Protocolo Común	168
<b>2 Convenio de Bruselas</b>	<b>172</b>
<b>3 Convención sobre indemnización suplementaria</b>	<b>173</b>
<b>4 Protocolo de enmienda a la Convención de Viena</b>	<b>175</b>
<b>5 El Convenio sobre la responsabilidad civil por daños resultantes de actividades peligrosas para el medio ambiente</b>	<b>176</b>
<b>6 Convenio relativo a la responsabilidad civil en la esfera del transporte marítimo de materiales nucleares</b>	<b>177</b>

### **CAPÍTULO III EL TRANSPORTE DE RESIDUOS Y MATERIAL RADIATIVO POR EL CANAL DE PANAMÁ Y SUS IMPLICACIONES PARA LA REPÚBLICA DE PANAMÁ**

<b>A La ruta de Panamá en comparación con otras</b>	<b>179</b>
-----------------------------------------------------	------------

<b>B</b>	<b>Principales usuarios que transportan estos materiales</b>	<b>182</b>
1	James Fisher and Sons	182
2	British Nuclear Fuels Limited	183
3	Compagnie Générale des Matières Nucléaires	184
4	Pacific Nuclear Transport Limited	185
<b>C</b>	<b>Marco Legal que regula el transporte de material radiactivo</b>	
	por el Canal de Panamá	193
1	La Constitución política	193
2	Tratado Concerniente a la Neutralidad Permanente del Canal y al Funcionamiento del Canal de Panamá	195
3	La Ley Orgánica de la Autoridad del Canal de Panamá (ACP)	202
4	Los Reglamentos del Canal de Panamá	206
a	Reglamento de Protección y Vigilancia (Acuerdo No 5 de 1999)	206
b	Reglamento de Atención a Situaciones de Emergencia (Acuerdo No 10 de 1999)	207
c	Reglamento de Control de Riesgos y Salud Ocupacional (Acuerdo No 12 de 1999)	208
d	Reglamento para la Navegación en Aguas del Canal de Panamá (Acuerdo No 13 de 1999)	208
e	Reglamento sobre Medio Ambiente, Cuenca Hidrográfica y Comisión Interinstitucional	

de la Cuenca Hidrográfica (Acuerdo No 16 de 1999)	210
<b>D Normas Internacionales y nacionales de la Republica de Panamá relacionadas con el transporte de residuos y material radiactivo a través de Canal de Panamá</b>	<b>212</b>
1 Convención de las Naciones Unidas sobre el Derecho del Mar, (CONVEMAR)	212
2 El Código de práctica sobre el Movimiento Transfronterizo Internacional de Desechos Radiactivos de la OIEA	225
3 La declaración de Estocolmo	227
4 La Declaración de Rio	228
5 El Convenio del pacífico sudeste	229
6 La Autoridad Marítima de Panamá	230
7 Ministerio de ambiente	233
8 Normas sobre salud radiológica	236
<b>E Consideraciones a favor y en contra de la energía nuclear y las implicaciones para la República de Panamá del paso de material radiactivo y residuos a través del Canal de Panamá</b>	<b>239</b>
1 Argumentos a favor de la energia nuclear	240
a La energia Nuclear es beneficiosa	240
b La energía Nuclear es Limpia	241
c La energía nuclear es segura	243
d El costo de la energía nuclear es competitivo y estable	246
2 Argumentos en contra de la energia nuclear	248

a	El uranio no es un combustible muy abundante	251
b	La energía nuclear no es la solución al cambio climático	253
c	La energía nuclear no es limpia	255
d	La energía nuclear no es sostenible	256
e	La energía nuclear no es segura	257
f	La energía nuclear es costosa	263
3	Implicaciones para la República de Panamá	264
a	Jurídicas	264
b	Protección	275
c	Seguridad	286
d	Ambientales	290
e	Económicos	296
	CONCLUSIONES	298
	RECOMENDACIONES	306
	BIBLIOGRAFÍA	309

## RESUMEN

La industria de la energía nuclear ha sido por mucho años un tema de controversia, ya que si bien es cierto, ha sido beneficiosa para la humanidad en muchos aspectos y aplicaciones, trae consigo riesgos considerables y graves consecuencias para los seres humanos, la flora, fauna y el ambiente en general, cuando se han registrado accidentes o incidentes, que han provocado contaminación por la temible y terrible radiación que emiten estos elementos químicos usado en esta industria. Como toda industria, esta genera desechos, con la misma peligrosidad y potencial riesgo de causar iguales o peores daños que los elementos originales, de tal forma, que los países donde esta industria se ha desarrollado, requieren transportar tanto nacional como internacionalmente tales residuos, siendo la vía marítima uno de los medios más utilizados para estos fines. Es aquí, donde la República de Panamá, forma parte de este escenario nuclear, ya que el Canal de Panamá, como paso preferido por antonomasia por los buques, a fin de acortar distancias y disminuir costos operativos de los mismos, ha sido por muchos años vía de tránsito de estos buques con cargamento radiactivo. Este trabajo investigativo analiza los aspectos más sobresalientes y concernientes a este tema, con un enfoque holístico, tratando de abarcar los aspectos más importantes del mismo, en donde nos referiremos a la energía nuclear y su desarrollo, el régimen jurídico internacional que la regula, tanto en aspectos técnicos y de seguridad, como también en los relativos a la

indemnización por daños derivados de esta actividad, igualmente, las regulaciones de la República de Panamá en general y las del Canal de Panama en particular, para luego finalizar con un análisis de los pro y los contra de esta industria y las implicaciones para nuestro país por el paso de estos buques por nuestras aguas jurisdiccionales

## ABSTRACT

The nuclear power industry has for many years been a controversial issue , because if it is true , has benefited mankind in many aspects and applications , brings considerable risks and serious consequences for humans , flora , wildlife and the environment in general, when there have been accidents or incidents that have caused contamination by the fearsome and terrible radiation they emit these chemicals used in this industry Like any industry , it generates waste , with the same hazard and potential risk of causing damage equal to or worse than the original elements , so that the countries where this industry has developed , require transport both nationally and internationally such waste being Seaway one of the most used for these purposes It is here where the Republic of Panama , is part of this nuclear scenario , as the Panama Canal, as happened preferred quintessential ships, in order to shorten distances and reduce operating costs models thereof , has been for many years via transit of such vessels with radioactive cargo That said, we in this research work , to analyze, and concerning the salient aspects to this subject, with a holistic approach , trying to cover the most important aspects of

it , where we refer to nuclear energy and its development the international legal regime that regulates both technical and safety aspects , as well as those relating to compensation for damage caused by this activity, likewise the regulations of the Republic of Panama in general and in Panama Canal owners, then finish with a discussion of the pros and cons of this industry and the implications for our country by the passage of these vessels by our territorial waters

## INTRODUCCION

Desde tiempos inmemoriales, la humanidad ha tenido siempre la necesidad de contar con fuentes de energía para satisfacer una serie de demandas de carácter vitales y fundamentales, dichas necesidades básicas fueron cubiertas por la energía suministrada por el Sol, a través de luz y calor, los alimentos y el oxígeno contenido en el aire, sin embargo, a medida que las civilizaciones han ido evolucionando se han creado nuevas necesidades energéticas, cada vez más imprescindibles a medida que avanzaba la industrialización de la sociedad

Dichas necesidades energéticas son esenciales para la sobrevivencia del ser humano, convirtiéndose en parte casi inseparable de nuestra cotidianidad y resulta difícil concebir un modo de vida diferente al que estamos acostumbrados, sin las comodidades que resultan de los múltiples aparatos hechos por el hombre. Por ello nos interesa asegurarnos de que la energía necesaria para mantener la estructura actual no desaparezca. Sin embargo, muchas de las fuentes energéticas utilizadas actualmente tienen una duración limitada, siendo el petróleo el caso más preocupante. Ninguna estimación prevé que las reservas petrolíferas mundiales podrán alcanzar para mucho más de un siglo.

Estos adelantos tecnológicos y del desarrollo científico nos han prodigado



en los últimos 50 años, toda una serie de elementos y estructuras que nos permiten un estilo de vida mucho más cómodo, sin embargo, dicho desarrollo ha traído consigo la problemática de que cada día se requiere mucha más energía para afrontar este desarrollo vertiginoso e incesante, y que se ha convertido en un asunto de vital importancia dentro de la agenda social, política, económica y ambiental de los Estados

Esta situación ha llevado a buscar nuevas fuentes de energía que representen alternativas viables a los métodos de producción tradicionales y, entre las que se presentan destaca la utilización de la energía nuclear, siendo el gran salto cuantitativo el descubrimiento, hacia 1938-1939, de que la fisión, esto es, la separación del núcleo de un átomo en otros elementos, liberaba gran cantidad de energía

La energía nuclear es, hoy por hoy, una de las principales fuentes de energía eléctrica del mundo, las plantas nucleares existentes a nivel mundial con los cientos de reactores nucleares que poseen, se ha visto como una alternativa en un mundo en el que la estrategia energética dominante, conduce al agotamiento de los recursos naturales baratos y en donde se hacen ingentes esfuerzos por desarrollar métodos de obtención de energía financieramente rentables, económicamente viables y ambientalmente razonables, que permitan hacerle frente a las necesidades energéticas presentes y futuras del planeta

La tecnología ideal es la que no crea problemas, y por tanto, la que no

existe El hombre ha utilizado el fuego, el carbón, la electricidad y el petróleo, para suplir sus necesidades energéticas en aras del desarrollo, pero el abuso de dichas fuentes, ha traído problemas tales como la contaminación atmosférica, los gases de efecto invernadero y el calentamiento global En ese afán de buscar alternativas energéticas, el hombre vio en la energía nuclear un medio alternativo para suplir esas necesidades energeticas, sin embargo, esta energía, a pesar de su rendimiento, es también altamente peligrosa, solo basta recordar, que uno de sus primeros usos fue el militar en Hiroshima y Nagasaki, y en la esfera civil, los desastres de Chernóbil en la antigua Unión Soviética, hoy Ucrania<sup>1</sup> y de Fukujima, en Japón, en donde el Estado nipón atraviesa por una de las facetas más duras en su historia, superar un cataclismo nuclear,<sup>2</sup> con las consecuentes fugas radiactivas, que causan y han causado graves secuelas en la salud de las personas expuestas y serios daños ambientales, algunos de ellos prácticamente irreversibles, en las regiones que se han visto afectadas

Igualmente, el tema del transporte de material y desechos radioactivos, se ha convertido en una problematica internacional, y el transporte marítimo como pivote de la economia mundial, en donde más del 90% del comercio mundial se transporta por mar, se ha convertido en el medio de transporte preferido por los países que requieren disponer de estos materiales, los cuales son transportados a

---

<sup>1</sup> ALFARO, CAMPOS, Mario y VARGAS, Elizondo, Celso, *Energía y Tecnología Nuclear. Consideraciones Éticas, Sociales y Ambientales*, Editorial Tecnológica de Costa Rica, Costa Rica, 2005, p 319

<sup>2</sup> MARTINEZ, NEGRETE, Antonio, *Los Accidentes Nucleares de Fukushima*, en Ciencias, Revista de Difusión de la Facultad de Ciencias de la UNAM, No 103, Julio-Septiembre, 2011, México, p 16

lugares denominados basureros radioactivos en diferentes partes del mundo, con los consecuentes riesgos y peligros para los países a través del cual pasan esos buques denominados barcos de la muerte y del cual Panamá por su posición geográfica y el Canal de Panama, no es ajeno a esta realidad, ya que el problema se vuelve sobre dimensiones más amplias cuando los diversos Estados europeos voltean la cara nuevamente a la utilización de la energía nuclear como una de las fuentes de poder eléctrico más sustentable. Lo anterior arroja el presupuesto de que la energía nuclear no quedará en el pasado,<sup>3</sup> sino que recobrará vida y pretende establecerse como uno de los medios energéticos más poderosos en el mundo.<sup>4</sup>

Es un hecho, que La República de Panamá, con el mayor registro de buques de marina mercante del mundo, con más de nueve mil buques que portan nuestro pabellón, el Canal de Panamá, y próximamente cuando se terminen los trabajos de ampliación, es y será la vía de tránsito de la mayor parte de las naves y buques que surquen los mares a nivel mundial, llevando toda clase de mercancías y productos que mueven las relaciones comerciales en todo el planeta, que aunado a nuestra posición geográfica privilegiada, nos hace una zona de convergencia comercial y económica por excelencia, tanto de bienes como de personas, por ende, todo este cúmulo de ventajas convierte a Panamá en un país eminentemente marítimo y de tránsito de muchos buques, entre ellos los que transportan material radiactivo, de lo cual se desprende la importancia

---

<sup>3</sup> ROJAS, José Antonio *Desarrollo Nuclear en México*, UNAM, México, 1989, p. 194

<sup>4</sup> MARTINEZ, GÓMEZ, Lorenzo, *La alternativa Nuclear en México Cuadernos Políticos*, No. 16, Editorial Era, Abril-Junio, de 1978, pp. 5-15

que para nuestro país representa, este tema, de tanta trascendencia a nivel internacional, como es el transporte de material radiactivo a través del Canal de Panamá

El área de problema objeto de esta investigación se enfoca en el transporte de material radiactivo a través del Canal de Panamá y sus implicaciones jurídicas, económicas y ambientales, dicho planteamiento está claramente especificado, planteado y delimitado a una situación especial, siendo racional y objetivo, ya que desde el momento que se formula el mismo, se entra a una situación concreta que es producto de la observación, investigación y análisis, que nos lleva invariablemente a un hecho relevante y de trascendencia

Por consiguiente, el problema se enfoca desde una perspectiva holística en general, pero abarcando aspectos jurídicos, económicos y ambientales en particular, del transporte de material radiactivo a través del Canal de Panamá, evitando de esta manera ambigüedades, de manera tal, que cumpla con las condiciones de objetividad, claridad de ideas, facilidad expositiva y rigor investigativo, que nos permita adentrarnos en un tema específico, que hasta hace poco solo estaba al alcance de los especialistas y de los más directamente interesados en los pormenores del transporte de material radiactivo a través del Canal de Panamá

Es conveniente resaltar que con el desarrollo y elaboración del presente trabajo de investigación, se busca realizar un estudio integral de todos los

aspectos del transporte de material radiactivo a través del Canal de Panamá y sus implicaciones jurídicas, económicas y ambientales, de forma tal, que brindemos un aporte en la divulgación y conocimiento de un tema de una importancia trascendental, que incide directamente en nuestra actividad como país eminentemente marítimo y de servicios que pretende consolidarse dentro de un sector sumamente competitivo y especializado, como es el sector marítimo

No pretendemos abarcar en su totalidad todos los aspectos que un tema de estas características y complejidades presenta, más sin embargo, procuramos con este trabajo ofrecer a los lectores desde una panorámica holística y de manera clara, precisa, concisa y maciza, situar esta problemática en sus justos términos, describiendo lo que se sabe y lo que no se sabe, sobre lo que se debe y se puede hacer frente a los riesgos que entraña la existencia de dichos residuos y su transporte a través de nuestro país, además de resaltar la importancia y la preocupación que en el mundo actual tiene la misma, y que con el transcurrir del tiempo y la evolución de la industria nuclear como medio de satisfacer las necesidades de suministro de energía para un mundo cada vez más poblado y sofisticado, se irá incrementando

En base a lo anteriormente expuesto, con la finalidad de definir las metas que deseamos lograr con la elaboración de este trabajo de investigación, exponemos a continuación los objetivos generales y específicos

Los objetivos generales deben reflejar la esencia del planteamiento del problema y la idea expresada en el título del proyecto de investigación (Bernal (2006)), son:

1. Estudiar el origen, fundamento, desarrollo y evolución del transporte de material radiactivo por mar, en sus aspectos jurídicos y técnicos más sobresalientes.
2. Evaluar, resaltar y analizar las implicaciones, repercusiones y consecuencias jurídicas, económicas y ambientales del transporte de material radiactivo a través del Canal de Panamá, para la República de Panamá.

Los objetivos específicos que se deben desprender del general y deben ser formulados de forma que estén orientados al logro del objetivo general, es decir, que cada objetivo específico este diseñado para lograr un aspecto de aquél, y todos en su conjunto, la totalidad del objetivo general. Los objetivos específicos son los pasos que se realizan para lograr el objetivo general (Bernal su Cit. ). En consecuencia mediante el desarrollo de la investigación se pretende:

1. Destacar la evolución histórica de la energía nuclear en sus distintas modalidades.
2. Conocer que es la radiación y sus efectos sobre la salud de los seres vivos.

- 3 Distinguir los aspectos básicos de la fisión y fusión nuclear
- 4 Identificar y conocer los elementos más importantes que componen una central nuclear y las operaciones de producción de energía
- 5 Describir el origen, la gestión y manejo de los residuos radiactivos
- 6 Describir la evolución y desarrollo histórico del transporte de material radiactivo por mar
- 7 Resaltar los aspectos jurídicos más importantes del régimen jurídico internacional que regula el transporte de material radiactivo por mar
- 8 Distinguir el ámbito de cobertura que establecen los Convenios de responsabilidad civil por daño nuclear
- 9 Señalar las limitaciones y excepciones en los Convenios de responsabilidad civil por daño nuclear
- 10 Destacar los aspectos más importantes de la normativa del Canal de Panamá sobre el tránsito de material radiactivo a través del mismo

- 11 Distinguir las normas internacionales y nacionales que ha adoptado a Republica de Panamá en torno al transporte de material radiactivo por mar
- 12 Resaltar los aspectos más importantes de los planteamientos a favor de la energía nuclear
- 13 Destacar los criterios más sobresalientes esbozados por los que se oponen al desarrollo basado en la energía nuclear
- 14 Señalar las implicaciones y consecuencias para la Republica de Panamá de un incidente originado del transporte de material radiactivo a través del Canal de Panamá
- 15 Analizar la capacidad de la Republica de Panama, para hacerle frente a un incidente o accidente radiactivo producido por un buque que transite el Canal de Panamá con material radiactivo

En el presente trabajo tocaremos los aspectos más importantes del régimen jurídico internacional en una de las actividades típicas de la industria nuclear, el transporte de materias radiactivas, así como el marco regulatorio nacional y las repercusiones jurídicas, económicas y ambientales para la República de Panamá, tema que ha adquirido una gran importancia, al ser Panamá, un país eminentemente marítimo y de tránsito de estos buques



Para una mejor comprensión y análisis del tema, hemos dividido el contenido que sustenta la hipótesis planteada en tres capítulos, de esta manera, en el primer capítulo analizaremos los aspectos más relevantes de la energía nuclear, sus antecedentes, evolución y desarrollo histórico, sus conceptos más importantes, la radiación y sus efectos, los reactores nucleares y los desechos radiactivos. En el segundo capítulo tocaremos los tópicos concernientes al régimen jurídico internacional que regula los transportes de materiales radiactivos, abordando la reglamentación técnica, de seguridad y especializada al transporte marítimo, en cuanto a la estructura de seguridad del buque y los embalajes donde se transporta el material, igualmente, el régimen internacional de indemnización por daños derivados de la energía nuclear.

Por último, en el tercer capítulo, estudiaremos el marco regulatorio que tiene el Canal de Panamá, las normas complementarias adoptadas por la República de Panamá y las implicaciones jurídicas, económicas y ambientales, desde el punto de vista de los distintos Convenios Internacionales a los cuales está sujeta la República de Panamá y las responsabilidades concomitantes en la seguridad marítima, el tráfico y transporte marítimo, la prevención de la contaminación, la seguridad de la vida humana y como vía de tránsito internacional para el mundo marítimo, lo cual es una situación ventajosa y de prestigio, pero a su vez demanda una gran responsabilidad y compromiso con la comunidad internacional en general y las Organizaciones que rigen el sector marítimo internacional en particular.

## REVISIÓN DE LITERATURA

El tema de la energía nuclear y el transporte de materiales radiactivos, por ser un tema muy complejo, extenso y especializado, nos ha llevado a consultar una amplia e igualmente extenso compendio de autores particularmente internacionales, tanto actuales como contemporáneos, especializados en este tema, igualmente, hemos consultado, revistas, publicaciones, ensayos, seminarios, disertaciones, sitios web, diarios, y demás fuentes bibliográficas, a fin de contar con todos los elementos de juicio para poder brindar un trabajo investigativo que cumpla con los criterios de objetividad y exposición de ideas de manera clara y confiable. Adicionalmente, para un mejor y adecuado manejo del tema, consultamos con expertos profesionales del campo marítimo y científico, tanto nacional como internacionalmente, que nos brindaron su valiosa contribución para enriquecer esta obra. Sin embargo, la fuente principal que hemos nutrido este trabajo la hemos obtenido de documentos elaborados por La Organización de Energía Atómica, La Organización Marítima Internacional y otros Organismos relacionados, e igualmente hemos consultado directamente los distintos Convenios Internacionales que regulan la materia, de forma que podamos contar de primera mano con una base que sirva de fundamentación teórica para los criterios esbozados en este trabajo investigativo.

## ASPECTOS METODOLÓGICOS

En la presente investigación la metodología utilizada fue analítica, deductiva y comparativa, con el objetivo de obtener información que permitió deducir conclusiones y recomendaciones aceptables, para poder brindar una propuesta sobre el tema investigado

Hemos utilizado un método analítico, donde se han analizado los factores relacionados dando como resultado un trabajo con planteamientos y resultados claros, fehacientes y contundentes sobre la materia estudiada, igualmente, hemos utilizado el método deductivo partiendo desde un planteamiento general del problema objeto de estudio para enfocarnos a los aspectos de índole particular que se derivan del mismo, lo cual se refleja explícitamente, en el desarrollo cronológico y coherente del contenido de los capítulos de esta obra

También utilizamos un método comparativo, al evaluar tanto la normativa internacional como la nacional, en aspectos técnicos, de seguridad y de indemnización, a fin de comprobar el origen causa y efecto y las limitaciones que en la práctica se presentan en su aplicabilidad

## **CAPÍTULO I. LA ENERGÍA NUCLEAR Y LOS MATERIALES RADIATIVOS.**

### **A La energía nuclear**

Estrictamente hablando la energía nuclear es la energía que se libera al dividir el núcleo de un átomo (fisión nuclear) o al unir dos átomos para convertirse en un átomo individual (fusión nuclear). De hecho, nuclear viene de núcleo, por ende, la energía nuclear es aquella que se libera como resultado de una reacción nuclear, donde se libera una gran cantidad de energía debido a que parte de la masa de las partículas involucradas en el proceso, se transforma directamente en energía.

Un átomo está compuesto por un núcleo, formado por neutrones (no siempre) y protones llamados conjuntamente nucleones. Estos con carga eléctrica positiva y aquellos neutra, a su vez, el átomo consta de una envoltura electrónica a base de electrones, de carga eléctrica negativa. En la naturaleza todos los átomos son eléctricamente neutros, teniendo igual número de protones que de electrones. Los electrones giran en torno al núcleo gracias a las fuerzas de atracción y repulsión (cargas eléctricamente opuestas se atraen). Para evitar que los electrones se unan al núcleo aquellos giran, como decimos, velozmente.

en diversos niveles de energía, a más lejanía de cada nivel respecto del núcleo más despacio giran, pues las fuerzas de atracción son inferiores

El núcleo tiene dimensiones muy reducidas. Ocupa la parte central del átomo, en él reside toda la carga positiva y casi la totalidad de la masa atómica. Está formado fundamentalmente por protones y neutrones. Los protones tienen una carga positiva cuantitativamente igual a la del electrón ( $1,602 \times 10^{-19}$  culombios). Los neutrones son eléctricamente neutros, a las partículas del núcleo se les llama nucleones. Las fuerzas que mantienen unidas las partículas del núcleo entre sí, venciendo, incluso, las de repulsión electrostática entre los protones, son unas fuerzas de naturaleza desconocida y corto alcance que sólo aparecen en el interior de los núcleos y que se llaman fuerzas nucleares.

Una parte de la masa del núcleo se ha transformado en energía de enlace para mantener unidas las partículas del núcleo. Esta energía es la que se libera en una reacción nuclear. Dividiendo la energía de enlace o de ligadura por el número de componentes del núcleo, se obtiene la energía media por nucleón, valor que nos indica la estabilidad del núcleo. Si la energía media de enlace tiene un valor alto, será un núcleo estable. Si su valor es pequeño, será inestable y tenderá a emitir alguno de sus componentes para convertirse en otra forma más estable. En este caso el núcleo es radiactivo.

Con relación a la liberación de energía, una reacción nuclear es un millar de veces más energética que una reacción química, por ejemplo la generada por la combustión del combustible fósil del metano. Cuando se produce una de estas dos reacciones físicas (la fisión o la fusión nuclear) los átomos experimentan una ligera pérdida de masa. Esta masa que se pierde se convierte en una gran cantidad de energía calorífica. Sin embargo, a menudo, cuando hablamos de energía nuclear nos referimos a generación de energía eléctrica utilizando reacciones nucleares. Hay que tener presente que aunque la producción de energía eléctrica sea la utilidad más habitual, la energía nuclear se puede aplicar en muchos otros sectores, como en aplicaciones médicas, medioambientales o bélicas.

Los términos energía atómica y energía nuclear son sinónimos y definen el mismo concepto. La razón de esta doble denominación es de origen histórico. Existen unos países a los que podemos llamar "pioneros" en las investigaciones relacionadas con la energía emitida por los cuerpos radiactivos y otros a los que podemos llamar "usuarios" de dicha energía.

Entre los primeros podemos incluir a Francia y al Reino Unido, países en los que Becquerel, los esposos Curie, Rutherford y sus colaboradores hablaban en sus comunicaciones de energía atómica y lo que estudiaban eran "las grandes cantidades de energía almacenadas en los átomos radiactivos". En el

segundo grupo (en el que podemos incluir a España) el término nuclear es el que se empezó a utilizar con rigor y precisión

## B Breve historia de la energía nuclear

El interés del ser humano por conocer la composición y la estructura de la materia cuenta con milenios de antigüedad. A comienzos de nuestra era, el geógrafo griego Estrabón atribuyó al pensador fenicio Mosco de Sidón (siglo XIV a c ) el origen de la teoría atomista, según la cual el universo está formado por combinaciones de partículas indivisibles o átomos (término procedente del latín *atomum*, derivado a su vez del vocablo griego *ατομον*, 'sin partes' o 'no divisible') (Cavero (2011))

En el siglo V a C , el filósofo griego Leucipo de Mileto concibió lo que posteriormente se denominó atomismo mecanicista, que desarrolló su discípulo Demócrito de Abdera. Según esta teoría física y filosófica, la realidad está formada por partículas indivisibles y por el vacío, que permitiría a esas partículas que el sabio helénico Epicuro llamó átomos en el siglo IV a c combinarse de modos diversos formando los distintos entes. Según los atomistas, la diferencia entre unas partículas y otras no es cualitativa sino cuantitativa, geométrica y de posición en los seres (Cavero su Cit )

En opinión de estos filósofos, la diferente organización de las partículas genera nuevas formas que constituyen nuevos objetos, como ocurre con las piezas conectables de algunos juegos infantiles. La interpretación epicúrea del concepto de átomo fue recordada en el siglo I a.c. por el poeta y filósofo romano Lucrecio en su extenso poema *De rerum natura* (sobre la naturaleza de las cosas), para posteriormente caer en el olvido. Los textos de Lucrecio alcanzaron mayor difusión tras ser impresos en 1475. Sin embargo, habría que esperar mucho tiempo hasta que la discutible y discutida teoría física y filosófica de los griegos dejara de limitarse a ofrecer explicaciones especulativas y llegara a encandilar a la comunidad científica.

A principios del siglo XIX, el químico y físico inglés John Dalton, partiendo de estudios anteriores, publicó el primer modelo atómico con base científica, en el que se fundamenta la ciencia física moderna. Dalton afirmó que la materia está compuesta por partículas indivisibles o átomos, de iguales características los de un mismo elemento y diferentes y en esto difiere del griego Demócrito en masa, tamaño y otras cualidades de diversos elementos.

Los compuestos químicos, a su vez, surgirían de la unión de átomos distintos, en función de proporciones variables. La teoría de Dalton hubo de esperar a fines del siglo XIX para ser probada experimentalmente, pero una de sus afirmaciones fundamentales acabó siendo rechazada: la indivisibilidad del átomo.



En efecto, la posibilidad de que el átomo tuviera una estructura compleja y pudiera, por tanto, dividirse había sido ya defendida en 1815 por el inglés William Prout y fue progresivamente aceptada gracias a las investigaciones sobre electromagnetismo de su compatriota Michael Faraday en 1832, así como a las tablas periódicas de elementos químicos elaboradas en 1869 por el ruso Dimitri Mendeléyev y en 1870 por el alemán Lothar Meyer

La composición del átomo acabaría siendo admitida tras varios descubrimientos excepcionales realizados sucesivamente en 1895 por el alemán Wilhelm Röntgen (los rayos X), en 1896 por el francés Henri Becquerel (la radiactividad natural) y en 1897 por el inglés Joseph John Thomson, descubridor del electrón, partícula subatómica de carga eléctrica negativa, estableciendo que el átomo es una estructura compleja integrada por elementos eléctricos, que más adelante serían denominados como electrones por el Dr. Robert A. Millikan (Cavero su Cit )

Pero como el átomo se comporta eléctricamente neutro en condiciones normales, había que admitir también la existencia de partículas subatómicas con carga eléctrica positiva. Mientras los experimentos continuaban, en 1905 el entonces casi desconocido Albert Einstein, físico alemán residente en Suiza, publicó varios artículos que supondrían un cambio radical en el conocimiento del universo. Uno de ellos dio a conocer lo que en la actualidad se conoce como teoría de la relatividad especial y otro la expresaba matemáticamente,

concretándose después en la ecuación  $E=mc^2$  (energía es igual a masa por velocidad de la luz al cuadrado) De ser cierta y poder probarse, esta equivalencia supondría un enorme avance científico y tecnológico, ya que cantidades muy pequeñas de masa podrían convertirse en una gran cantidad de energía y viceversa (Cavero su Cit )

En décadas de gran innovación científica como las primeras del siglo XX, el perfeccionamiento de los aparatos científicos y el tesón de algunos investigadores permitieron seguir escudriñando la materia Progresivamente se produjeron nuevos hallazgos en la estructura del átomo En 1918 el neozelandés Ernest Rutherford descubrió el protón o partícula subatómica con carga eléctrica positiva, y en 1932 el inglés James Chadwick reveló la existencia del neutrón, sin carga eléctrica, y sus compatriotas John Cockcroft y Ernest Walton lograron desintegrar un núcleo atómico con partículas subatómicas aceleradas artificialmente Un año después, con los experimentos del matrimonio francés Frédéric e Irene Joliot-Curie se descubrió la verdadera importancia del núcleo del átomo

El conocimiento de la estructura de la materia y las posibilidades que se derivarían de ello interesaban cada vez más a los científicos Desde 1934, el físico italiano Enrico Fermi investigaba el modo de bombardear con neutrones el uranio (mineral cuyos átomos son especialmente aptos para dividirse) Profundizando en estos estudios y buscando elementos químicos más pesados,

en 1938 los alemanes Otto Hahn y Fritz Strassmann bombardearon con neutrones un núcleo de uranio que produjo restos cualitativamente diferentes (un núcleo de criptón y otro de bario, así como tres neutrones sobrantes) cuya suma de masas resultaba inferior a la masa del uranio original ¿Por qué esa diferencia? (Cavero op Cit )

Antes de publicar sus descubrimientos, los científicos germanos dieron a conocer los resultados a la física austriaca Lise Meitner, por entonces refugiada en Suecia huyendo de los nazis, que a su vez contactó con su sobrino Otto Frisch, también investigador Tras estudiar el proceso, tía y sobrino explicaron lo ocurrido, calcularon la energía liberada y concluyeron que sus colegas germanos habían conseguido por vez primera provocar artificialmente la división del núcleo de un átomo, hecho hasta entonces impensable que denominaron fisión nuclear La explicación que Meitner y Frisch ofrecieron del experimento de Hahn y Strassmann, publicada a principios de 1939, demostró la veracidad de la ecuación formulada por Einstein en 1905 y sirvió para identificar un nuevo modo de producir energía la escisión o división atómica (Cavero su Cit )

## C La radiactividad

La radiactividad fue descubierta por el científico francés Antoine Henri Becquerel en 1896 El descubrimiento tuvo lugar de una forma casi ocasional Becquerel realizaba investigaciones sobre la fluorescencia del sulfato doble de

uranio y potasio y descubrió que el uranio emitía espontáneamente una radiación misteriosa. Esta propiedad del uranio (después se vería que hay otros elementos que la poseen) de emitir radiaciones, sin ser excitado previamente, recibió el nombre de radiactividad (Foro nuclear (1962))

El descubrimiento dio lugar a un gran número de investigaciones sobre el tema. Quizás las más importantes en lo referente a la caracterización de otras sustancias radiactivas fueron las realizadas por el matrimonio, también francés, Pierre y Marie Curie, quienes descubrieron el polonio y el radio, ambos en 1898 (Foro nuclear su Cit )

La naturaleza de la radiación emitida y el fenómeno de la radiactividad fueron estudiados en Inglaterra por Ernest Rutherford, principalmente, y por Frederick Soddy. Como resultado pronto se supo que la radiación emitida podía ser de tres clases distintas, a las que se llamó alfa, beta y gamma, y que al final del proceso el átomo radiactivo original se había transformado en un átomo de naturaleza distinta, es decir, había tenido lugar una transmutación de una especie atómica en otra distinta. También se dice (y esta es la terminología actual) que el átomo radiactivo ha experimentado una desintegración (Foro nuclear su Cit )

Hoy sabemos que la radiactividad es una reacción nuclear de "descomposición espontánea", es decir, un nucleido inestable se descompone

en otro más estable que él, a la vez que emite una "radiación" El nucleido hijo (el que resulta de la desintegración) puede no ser estable, y entonces se desintegra en un tercero, el cual puede continuar el proceso, hasta que finalmente se llega a un nucleido estable Se dice que los sucesivos nucleidos de un conjunto de desintegraciones forman una serie radiactiva o familia radiactiva Digamos, que son radiactivos todos los isótopos de los elementos con número atómico igual o mayor a 84 (el polonio es el primero de ellos), y que hoy se obtienen en el laboratorio isótopos radiactivos de elementos cuyos isótopos naturales son estables, es la llamada radiactividad artificial La primera obtención en el laboratorio de un isótopo artificial radiactivo (es decir, el descubrimiento de la radiactividad artificial) la llevó a cabo en 1934 el matrimonio formado por Frederick Joliot e Irene Curie, hija de los esposos Curie

Existen radiaciones ionizantes y no ionizantes Las radiaciones ionizantes pueden provocar reacciones y cambios químicos con el material con el cual interaccionan Por ejemplo, son capaces de romper los enlaces químicos de las moléculas o generar cambios genéticos en células reproductoras , tenemos como ejemplos de las mismas, los rayos X, las radiaciones alfa, beta, gamma y la emisión de neutrones La radiación cósmica (proveniente del Sol y del espacio interestelar) también es un tipo de radiación ionizante, pues está compuesta por radiaciones electromagnéticas y por partículas con gran cantidad de energía Es así como, los llamados rayos cósmicos blandos, se componen principalmente de rayos gamma, electrones o positrones, y la radiación cósmica primaria (que llega

a las capas más altas de la atmósfera) se compone fundamentalmente de protones. Cuando la radiación cósmica interactúa con la atmósfera de la Tierra, se forman en ella átomos radiactivos (como el Tritio y el Carbono-14) y se producen partículas alfa, neutrones o protones (Foro nuclear op Cit )

Asimismo, las radiaciones no ionizantes se pueden clasificar en dos grandes grupos: los campos electromagnéticos y las radiaciones ópticas. Dentro de los campos electromagnéticos se pueden distinguir aquellos generados por las líneas de corriente eléctrica o por campos eléctricos estáticos. Otros ejemplos son las ondas de radiofrecuencia, utilizadas por las emisoras de radio en sus transmisiones, y las microondas utilizadas en electrodomésticos y en el área de las telecomunicaciones. Entre las radiaciones ópticas se pueden mencionar los rayos láser, los rayos infrarrojos, la luz visible y la radiación ultravioleta. Estas radiaciones pueden provocar calor y ciertos efectos fotoquímicos al actuar sobre el cuerpo humano (Foro nuclear su Cit )

## 1 Tipos de desintegración radiactiva

### a La radiación Alfa

Está formada por núcleos del isótopo 4 del helio, es decir, está constituida por una radiación corpuscular, en la que cada corpúsculo está formado por dos protones y dos neutrones. Ello significa que tiene una masa atómica de 4 unidades y una carga eléctrica de 2 unidades positivas. Estos protones y

neutrones formaban antes parte del nucleo que se ha desintegrado (Foro nuclear op Cit )

#### b La radiación beta

Está constituida por electrones, lo que significa que es también de naturaleza corpuscular, en la que cada corpúsculo tiene una masa atómica de  $1/1800$ , aproximadamente, y una carga de 1 unidad negativa. A diferencia del caso anterior, el electrón emergente no existía anteriormente en el núcleo sino que procede de la transformación de un neutrón en un protón, que queda dentro del núcleo, y el electrón, que es eyectado. Posteriormente se descubrió la radiación beta positiva, semejante a la beta pero con carga positiva. Está formada por positrones procedentes de la transformación de un protón en un neutrón (Foro nuclear su Cit )

#### c La radiación gama

Es de naturaleza electromagnética, semejante a la luz ordinaria o a la radiación X, pero con mucha menor longitud de onda. Es, por lo tanto, de naturaleza ondulatoria, carente de masa en reposo y de carga. Esta radiación tampoco existía antes en el núcleo, sino que es energía que se emite como consecuencia de un reajuste energético del núcleo (Foro nuclear su Cit )

## 2 Efectos de las radiaciones ionizantes sobre la salud

### a Absorción de radiación y daño celular

La absorción de la radiación por la materia viva es función tanto de la calidad y cantidad del haz de radiación como de la estructura y composición del tejido absorbente. Cabría distinguir varios casos en función del tipo de radiación (partículas cargadas alfa o beta, fotones gamma o rayos X, neutrones), no obstante, todas ellas acaban depositando su energía en el medio, directa o indirectamente, mediante dos procesos: ionización y excitación (Del Olmo et Al (2007))

Aunque la excitación de átomos y moléculas, en caso de que su energía supere la de los enlaces atómicos, puede causar cambios moleculares, el proceso de ionización resulta cualitativamente mucho más importante, puesto que necesariamente produce cambios en los átomos, al menos de forma transitoria y, en consecuencia, puede provocar alteraciones en la estructura de las moléculas a las que éstos pertenezcan.

La importancia de la ionización inducida en los tejidos vivos por una radiación, se cuantifica mediante un concepto de amplia utilización en radiobiología: la transferencia lineal de energía (TLE, o LET en abreviatura inglesa) o la cantidad de energía cedida por unidad de recorrido de la radiación.



en el tejido La TLE depende del tipo de radiación (masa, carga y energía de las partículas) así como del medio absorbente (Del Olmo et Al su Cit (2007))

En general, de forma simplificada, pero útil, se suelen clasificar las radiaciones en dos categorías de baja y de alta TLE, a la primera pertenecerían los electrones (radiación  $\beta$ ) y la radiación X o  $\gamma$ , mientras que la radiación  $\gamma$  y los neutrones, se consideran de la segunda A mayor TLE de una radiación, mayor concentración en la energía transferida al medio y mayor localización de las moléculas modificadas por la ionización (Del Olmo et Al su Cit (2007))

Si las moléculas afectadas están en una célula viva, la propia célula puede verse dañada, bien directamente si la molécula resulta crítica para la función celular, o indirectamente al provocar cambios químicos en las moléculas adyacentes, como por ejemplo mediante la formación de radicales libres El daño celular es particularmente importante si la radiación afecta a las moléculas portadoras del código genético (ácido desoxirribonucleico, (ADN) o de la información para sintetizar las proteínas (ácido ribonucleico mensajero)) Estos daños pueden llegar a impedir la supervivencia o reproducción de las células, aunque frecuentemente sean reparados por éstas No obstante, si la reparación no es perfecta, pueden resultar células viables pero modificadas (Del Olmo et Al su Cit (2007))

La molécula de ADN y los cromosomas celulares son el blanco más sensible para la radiación ionizante dentro de la célula. Las trayectorias de radiación pueden depositar energía directamente en el ADN (efecto directo) o pueden ionizar otras moléculas de la célula (fundamentalmente moléculas de agua) para formar radicales libres que pueden dañar al ADN (efecto indirecto). La aparición y proliferación de células modificadas puede verse influenciada por un buen número de otras causas (agentes cancerígenos o mutágenos) aparte de la radiación, que pueden actuar antes o después de la exposición a la misma. Por ello, el peligro de la radiación no es la producción de mutaciones en sí, sino que ésta pueda inducir un número de éstas superior al espontáneo que se produce en todo ser vivo, provocando una situación cuyas condiciones el organismo no sea capaz de superar (Del Olmo et Al su Cit (2007))

Estudios de laboratorio, mediante la irradiación celular in vitro, permiten afirmar que la cantidad de mutaciones es mayor cuanto mayor es la dosis de radiación aplicada, no existiendo umbral de dosis por debajo del cual no puedan producirse mutaciones, observándose, para una misma dosis, una mayor cantidad de mutaciones cuanto mayor TLE posea la radiación. Tanto el electrón como el átomo ionizado son, generalmente, muy inestables, y reaccionan rápidamente, creando nuevas moléculas, entre las que se encuentran algunas particularmente reactivas llamadas radicales libres (Del Olmo et Al su Cit (2007))

Los radicales libres pueden reaccionar entre sí y con otras moléculas, originando cambios en las moléculas biológicamente importantes para el funcionamiento de las células. El conjunto del proceso, desde la ionización, tiene lugar en aproximadamente una millonésima de segundo. Las transformaciones biológicas, que pueden ocurrir en un intervalo entre algunos segundos y varias décadas después de la irradiación, pueden destruir las células o modificarlas, de forma que se origine cáncer o defectos genéticos (Del Olmo et al op Cit (2007))

Igualmente, La radiosensibilidad es un concepto que engloba la respuesta celular a la radiación. Se dice que un tipo de célula es muy radiosensible cuando, sometiendo un grupo de éstas a dosis bajas de radiación, muere un alto porcentaje de las mismas. Generalmente, una célula es más radiosensible cuanto mayor sea su actividad reproductiva, (ver nota a pié de página<sup>1</sup>) cuantas más divisiones deba sufrir para adoptar su forma y funciones definitivas, y cuanto menos diferenciada sea (ver nota a pié de página<sup>2</sup>). Existe cierta evidencia experimental de la influencia estimulante de la radiación sobre una variedad de funciones celulares, incluyendo su proliferación y reparación. En este sentido, dicho estímulo no ha de ser necesariamente beneficioso, si bien en ciertas circunstancias, la radiación parece ser capaz de estimular la reparación del

---

<sup>1</sup> Una célula es muy diferenciada cuando ha perdido funciones de tipo general para adquirir otras más específicas. Por ejemplo, el leucocito es una célula poco diferenciada, pero la del músculo estriado, que sólo sirve para contraerse a voluntad, es muy diferenciada.

<sup>2</sup> Una célula es muy diferenciada cuando ha perdido funciones de tipo general para adquirir otras más específicas. Por ejemplo, el leucocito es una célula poco diferenciada, pero la del músculo estriado, que sólo sirve para contraerse a voluntad, es muy diferenciada.

del daño radiológico producido previamente y de incrementar las defensas naturales del sistema inmunitario. No obstante, los datos experimentales sobre la influencia benéfica de la radiación a bajas dosis son en general poco concluyentes, fundamentalmente por las dificultades de tipo estadístico en tales condiciones. Ello impide que puedan ser tomados en cuenta de cara a la aceptación de límites inferiores de dosis.

Por supuesto, también las dosis terapéuticas, suministradas en el tratamiento del cáncer y de algunas otras enfermedades, pueden ser, a largo plazo, causantes de tumores o tener efectos genéticos. No obstante, al administrarse dichos tratamientos generalmente a personas de cierta edad, y con una corta esperanza de vida si éste no se aplica, los riesgos resultan plenamente aceptables.

La reacción después de una irradiación varía mucho entre las distintas partes del organismo, y depende también del tratamiento médico que pueda suministrarse al paciente y de si la dosis se recibe de una sola vez o en varias etapas. En general, los órganos pueden reparar hasta cierto punto los daños provocados por la radiación, de forma que una misma dosis suministrada de forma paulatina es mejor tolerada que si se recibe de forma instantánea.

Por supuesto, si la dosis es suficientemente grande, puede conducir a la muerte de la persona irradiada. Así, dosis absorbidas muy elevadas, superiores

a 15 Gray, recibidas de forma instantánea, afectan de tal manera al sistema nervioso central, que la muerte se producirá en cuestión de horas o días. Si la dosis está comprendida entre 5 y 15 Gray, y afecta a todo el organismo, la víctima podría escapar al síndrome del sistema neuro-vegetativo, pero se producen lesiones irreparables en el sistema gastro-intestinal, junto con una inflamación aguda de los pulmones, conduciendo a la muerte en cuestión de pocas semanas. Una dosis inferior, entre 3 y 5 Gray, puede provocar la muerte en la mitad de los casos, en uno o dos meses, al afectar seriamente a la médula ósea, tejido en el cual se producen las células de la sangre (Del Olmo et Al op Cit (2007))

La médula ósea y el resto del sistema hematopoyético (el encargado de la producción de la sangre) son de las partes más radiosensibles del cuerpo humano, siendo afectados a partir de dosis del orden de 0,5 a 1 Gray. Sin embargo, presentan una marcada capacidad de regeneración, de forma que si sólo se irradia una parte del cuerpo, generalmente sobrevive una cantidad de médula suficiente para reproducir la afectada (Del Olmo et Al su Cit (2007))

En accidentes causados por la manipulación imprudente o inadvertida de fuentes radiactivas se han producido casos notables de lesiones en la piel, cuya severidad aumenta con la dosis a partir de los 3 Gray. Los órganos genitales y los ojos (el cristalino) se encuentran entre los órganos más sensibles. Del resto de órganos, cabe decir que son relativamente resistentes y de respuesta lenta a

la hora de manifestar un daño determinista. No obstante, por debajo de dosis de 0,2 Gray no se llegan a producir efectos deterministas observables en ningún tejido (Del Olmo et Al op Cit (2007))

Por su parte, los niños son especialmente sensibles, en particular los huesos y el cerebro, pudiendo verse afectado el crecimiento de los huesos si se reciben dosis relativamente pequeñas. Durante la gestación, el feto también es muy vulnerable, debido a que es un sistema altamente proliferativo, con muchas células indiferenciadas. Los efectos de la radiación en el embrión pueden resultar en la muerte embrionaria, fetal o neonatal o en malformaciones congénitas o retraso mental. Los efectos dependen del momento en el que tiene lugar la irradiación, siendo más críticas las primeras semanas de la gestación desde el punto de vista de la posible muerte embrionaria, y entre las ocho y las quince semanas de embarazo para la posibilidad de lesiones cerebrales con retraso mental serio. Los efectos en el feto se observan tras exposiciones a dosis no muy elevadas ( $\approx 0,4$  Gy) (Del Olmo et Al su Cit (2007))

#### **b Cánceres y daños hereditarios (efectos latentes o estocásticos)**

El ser humano sufre muchos millones de ionizaciones en su masa de ADN cada día por causa de las fuentes naturales de radiación. Sin embargo, el cáncer no produce más de una de cada cuatro muertes, y sólo una pequeña fracción de éstas es atribuible a la radiación. Se puede afirmar, por tanto, que el proceso que

conduce desde la creación de un par iónico en la molécula del ADN hasta la aparición de un cáncer es altamente improbable. Se han desarrollado diversos modelos generales para describir el proceso carcinogénico, siendo el más aceptado actualmente el modelo llamado multietapa. Éste predice que un cáncer aparece como consecuencia de una serie de sucesos que pueden ser totalmente independientes, pero que con frecuencia están ligados, pudiendo incluso estar mediados por el mismo agente. El modelo multietapa considera que el desarrollo de cáncer tiene lugar en cuatro etapas: iniciación, conversión, promoción y progresión (Del Olmo et Al op Cit (2007)).

A pesar de las numerosas investigaciones llevadas a cabo en las últimas décadas, la información relativa al cáncer o a los defectos hereditarios inducidos por la radiación a bajas dosis es todavía escasamente significativa, siendo ésta una cuestión aún abierta a la discusión científica. Para realizar estimaciones válidas del riesgo, deben reunirse ciertas condiciones. En primer lugar, debe conocerse con exactitud la dosis de radiación absorbida por todo el cuerpo o en los órganos de interés, la población irradiada ha de ser observada durante décadas a fin de que todos los tipos de daño tengan tiempo de aparecer, y, puesto que también se presentan, naturalmente, por múltiples causas, se deberá disponer de una población de referencia, pero que no haya sufrido la irradiación, a fin de poder saber cuántos casos habrían aparecido en ausencia de ésta (Del Olmo et Al op Cit (2007)).

Tales estudios incluyen a los supervivientes de las bombas atómicas de Hiroshima y Nagasaki, a diversos grupos que sufrieron irradiaciones con fines médicos, a mineros expuestos al gas radón en concentraciones elevadas, a los colectivos de trabajadores de la industria nuclear y a las poblaciones más afectadas por el accidente de Chernóbil

El principal problema reside en que los grupos de población de los estudios que han resultado concluyentes recibieron dosis de radiación significativamente superiores a las habituales en el campo profesional, o en la vida cotidiana. Por ello, no queda más alternativa que extrapolar los riesgos conocidos, producidos por dosis altas, al campo de las dosis reducidas. Prudentemente, los Organismos Internacionales expertos en el tema (International Commission on Radiological Protection (1990)), suponen la inexistencia de umbral para la aparición de cánceres o de efectos hereditarios, y además de que existe un incremento lineal constante del riesgo con el aumento de las dosis recibidas.

No obstante, se admite que el valor de los factores de riesgo por unidad de dosis absorbida se reduce cuando la dosis se recibe lentamente empleándose un factor reductor en función del valor de la dosis y de la tasa de dosis, con valor 2 para dosis absorbidas por debajo de 0,2 Gray y tasas de dosis inferiores a 0,1 Gray/hora (International Commission on Radiological Protection (1990)).



En general, los estudios demuestran que los distintos tipos de cáncer se manifiestan después de un período de latencia de algunos años, a partir del cual la probabilidad condicional de aparición del cáncer en cada intervalo temporal, por unidad de dosis recibida, puede ser constante, caso de la leucemia y los cánceres de huesos y tiroides, o proporcional a la tasa natural de aparición del cáncer en cuestión para los individuos de su misma edad, como se observa para los cánceres de mama, pulmón, aparato digestivo, piel y otros (Del Olmo et Al op Cit (2007))

Para poder estimar factores integrados del riesgo de aparición de cánceres se hace necesario utilizar datos característicos de la población irradiada, tales como su distribución por edades, tablas de supervivencia en función de la edad y tasas de aparición de cada tipo de cáncer, también en función de la edad. Ello hace que, en principio, las probabilidades de muerte por cáncer después de una irradiación, sean dependientes de las características de la población (Del Olmo et Al su Cit (2007))

Para ofrecer estimaciones que puedan ser de aplicación general, la Comisión Internacional de Protección Radiológica (ICRP, por sus siglas en inglés), ofrece unos factores de riesgo promediados entre los obtenidos para la población de distintos países y continentes. El valor promedio de dichos valores para la probabilidad de muerte por cáncer es del orden del 5% por cada Sievert

(Sv) <sup>3</sup> de dosis efectiva, para una población de todas las edades, siempre que la exposición recibida sea pequeña

Con relación a los daños hereditarios, hay que empezar por constatar que alrededor del 10% de los recién nacidos sufre algún tipo de defecto hereditario, desde ligeras afecciones, como el daltonismo, hasta graves incapacidades, como el síndrome de Down. Los efectos genéticos pueden clasificarse en dos categorías: Alteraciones en el número y la estructura de los cromosomas, y mutaciones de los genes. Las mutaciones genéticas se clasifican, a su vez, en dominantes (que aparecen en los hijos de quienes las padecen) y recesivas (que sólo aparecen cuando ambos progenitores poseen el mismo gen mutante) (Del Olmo et Al su Cit (2007))

Las investigaciones indican que la probabilidad de que aparezca un daño hereditario grave en la primera generación después de la irradiada resulta muy remota (con valores de entre 0,0015 a 0,004 por cada Gray absorbido en las gónadas). Si esta probabilidad se integra para todas las generaciones posteriores a la irradiada, el valor resultante es del orden del 1% por Gray, lo que supone un riesgo bastante inferior al de los cánceres (U S Nuclear Regulatory Commission (1993))

---

<sup>3</sup> Es una unidad derivada del SI que mide la dosis de radiación absorbida por la materia viva, corregida por los posibles efectos biológicos producidos con el que se pueden cuantificar los efectos estocásticos producidos por las radiaciones ionizantes. Su diferencia con el gray (unidad de la dosis absorbida) es que el sievert está corregido por el daño biológico que producen las radiaciones, mientras que el gray mide la energía absorbida por un material.

Sin embargo, hay otros sectores que indican, que la exposición a dosis bajas de radiación puede incrementar el riesgo de desarrollar cáncer u otros problemas de salud durante el transcurso de la vida (VEIGA COPO (2010)) No obstante, como señala, no puede confundirse los daños diferidos con los daños sobrevenidos. Los daños diferidos y sobrevenidos tienen en común el hecho de que su manifestación no es inmediata. Hay diferencias entre daño sobrevenido y daño diferido. Así, no todo el daño sobrevenido tiene la condición de diferido o tardío. Es sobrevenido por tener la condición de posterior respecto a los daños iniciales pero no necesariamente tiene que ser diferido. El sobrevenido puede ser debido, aunque no siempre, a la agravación de un daño inicial ya conocido, mientras que el diferido comporta por lo general su manifestación ex novo. Daños diferidos son aquéllos en los que entre la acción y/u omisión del sujeto y la manifestación de las consecuencias dañosas, media un cierto periodo de tiempo. Son pues, daños de aparición retardada con respecto a la fecha del hecho causante" (Rodriguez Gonzalez (2009))

Por ende luego de lo antes expuesto, podemos concluir, que la exposición a la radiación y el daño producido son directamente proporcionales, ya que a mayor cantidad de exposición, mayor daño y menor capacidad del cuerpo de absorber y manejar dichos niveles de radiación, produciendo alteraciones en el cuerpo humano y graves trastornos en la salud con la aparición de enfermedades tales como el cáncer y trastornos hereditarios.

### 3 Sistemas de detección y medida de la radiación

Obviamente, la detección de la presencia de radiación ha de basarse en los efectos que produce sobre la materia. No estando dotado el organismo de sentidos para ello, ha de recurrirse a instrumentos adecuados capaces de detectar e incluso hacer visibles las partículas fundamentales subatómicas. Su complejidad va, desde el conocido contador Geiger portátil, hasta cámaras de destellos o de burbujas del tamaño de una habitación, empleadas por los físicos de altas energías (Del Olmo et Al su Cit (2007))

Puesto que el efecto principal causado por las radiaciones es la ionización, uno de los primeros detectores que se empleó en física nuclear fue la cámara de ionización, que está formada esencialmente por un recipiente cerrado que contiene un gas y dos electrodos con potenciales eléctricos diferentes. De los detectores basados en la ionización gaseosa, uno de los más versátiles y utilizados es el contador de Geiger-Müller, desarrollado en 1928. En él, el tubo detector está lleno de un gas o mezcla de gases a baja presión. Los electrodos son la delgada pared metálica del tubo y un alambre fino de wolframio situado longitudinalmente en su eje. Un fuerte campo eléctrico establecido entre los electrodos acelera los iones producidos por la radiación, que colisionan con átomos del gas liberando electrones y produciendo más iones. Si la tensión entre los electrodos se hace suficientemente grande, la corriente cada vez mayor

producida por una única partícula desencadena una descarga a través del contador

El pulso causado por cada partícula se amplifica electrónicamente y hace funcionar un altavoz o un contador mecánico o electrónico. Otros contadores, llamados de centelleo, se basan en la ionización producida por partículas cargadas que se desplazan a gran velocidad en determinados sólidos y líquidos transparentes, conocidos como materiales centelleantes (diferentes sustancias orgánicas e inorgánicas, como algunos polímeros, sulfuro de cinc, yoduro de sodio o antraceno)

La ionización produce destellos de luz visible que son captados por un tubo fotomultiplicador, un tipo de célula fotoeléctrica, de forma que se convierten en pulsos eléctricos que pueden amplificarse y registrarse electrónicamente. En numerosos campos de la investigación actual, el contador de centelleo resulta superior a todos los demás dispositivos de detección. Igualmente resultan de gran sensibilidad los detectores de semiconductores (generalmente germanio puro o combinado con litio o silicio), en los que los pares electrón-hueco formados por la ionización aumentan momentáneamente la conducción eléctrica, lo que permite detectar estas partículas.

Otros detectores se llaman de trazas, porque permiten a los investigadores observar las trazas que deja a su paso una partícula. Las

cámaras de destellos o de burbujas son detectores de trazas, igual que la cámara de niebla o las emulsiones fotográficas nucleares. Fundamentalmente se aplican en el estudio de la física de las partículas elementales.

Para contabilizar la cantidad de radiación recibida por una persona (la dosis) también se han empleado mucho en el pasado emulsiones dosimétricas, más gruesas y menos sensibles a la luz visible que las empleadas en fotografía, en las que los granos de plata ionizados adquieren un color negro cuando se revela la emulsión, pudiendo establecerse una relación directa entre el ennegrecimiento y la cantidad de radiación recibida. Otros dosímetros, hoy en día los de uso más extendido, se basan en el empleo de materiales termoluminiscentes, en los que se libera luz visible al ser calentados, mediante un proceso que implica dos pasos: 1) la ionización inicial hace que los electrones de los átomos del material se exciten y salten del nivel de energía en reposo (banda de valencia) a otro excitado (banda de conducción), quedando algunos atrapados en niveles intermedios creados por la presencia de impurezas en el cristal (trampas), 2) cuando se calienta el material y los electrones vuelven a su estado original, se emiten fotones de luz, que pueden ser amplificados y medidos al igual que se hacía con los materiales de centelleo (Del Olmo et al. op. Cit. (2007)).

Con respecto a los neutrones, suelen detectarse de forma indirecta a partir de las reacciones nucleares que tienen lugar cuando colisionan con los

núcleos de determinados átomos. Por ejemplo, en el caso de los neutrones térmicos, se producen partículas alfa, detectables con facilidad, al colisionar con los núcleos de  $^3\text{He}$  (HE), el  $^{10}\text{B}$  (B) o el  $^6\text{Li}$  (Li) (Del Olmo et Al op Cit (2007))

#### D Fisión nuclear

La fisión nuclear es una reacción que se produce mediante el bombardeo con neutrones de determinados nucleídos, denominados nucleídos fisionables, que al romperse el núcleo blanco se liberan varios neutrones (dos o tres) con una energía igual o superior a la de los neutrones incidentes, lo que permite que los neutrones producidos den lugar a nuevas fisiones, y los liberados en ellas a otras nuevas, etc. Con ello se puede conseguir que una vez iniciada la reacción no sea necesario continuar con el bombardeo de neutrones externos, sino que la reacción se mantenga por sí misma (Foro nuclear op Cit )

Cuando una vez iniciada una reacción es capaz de mantenerse por sí sola se dice que se trata de una reacción en cadena. Según esta definición, una reacción de fisión nuclear en cadena es un proceso de fisiones nucleares sucesivas en las que todos o parte de los neutrones liberados en cada fisión originan nuevas fisiones, y así sucesivamente (Foro nuclear op Cit )

Para conocer en qué condiciones puede tener lugar la reacción de fisión nuclear en cadena, es preciso estudiar las vicisitudes que siguen los neutrones producidos en la fisión. La reacción de un neutrón con un núcleo de uranio 235 da lugar, la mayor parte de las veces, a su fisión, proceso en el que como promedio se liberan 2,5 neutrones. Una parte de los neutrones producidos dará lugar a nuevas fisiones, otra parte será absorbida por núcleos de otros elementos presentes en el sistema, sin dar lugar a fisiones, una última parte escapará al exterior, sin que tampoco origine nuevas fisiones. Si el número de neutrones del primer grupo es igual a la unidad se habrá obtenido una reacción auto sostenida y con un número constante de fisiones por unidad de tiempo, ya que cada neutrón que produjo inicialmente una fisión dará lugar a otro neutrón útil para continuar el proceso. Se dice, entonces, que el sistema forma un conjunto crítico. Si el número de neutrones útiles para producir nuevas fisiones fueran mayores que la unidad, el número de fisiones por unidad de tiempo sería creciente y tendríamos un conjunto supercrítico. Si, por el contrario, fuera menor que la unidad, la reacción decrecería con el tiempo y acabaría deteniéndose, el conjunto recibe el nombre de subcrítico (Foro nuclear op Cit )

Un conjunto será crítico, supercrítico o subcrítico dependiendo de la proporción relativa de neutrones en cada uno de los tres grupos, lo que es función de la concentración de átomos de U-235 en el medio, de la concentración y naturaleza de los restantes nucleidos presentes, y de la relación entre volumen y superficie del medio donde tiene lugar la reacción. El hecho de



que la fisión pueda dar lugar a una reacción de fisión nuclear en cadena permite que, una vez iniciada ésta, se mantenga por sí misma, lo que significa que puede obtenerse una producción de energía en régimen estacionario. La consecuencia práctica es que la fisión es una reacción nuclear que puede servir como una fuente de energía para suplir las grandes demandas de una sociedad en constante desarrollo como la nuestra requiere.

Esto es semejante, en un proceso nuclear, a lo que ocurre con las reacciones químicas de combustión, que también sirven como fuentes de energía porque una vez iniciada la combustión del carbón o del petróleo, la reacción se mantiene por sí misma sin necesidad de ninguna acción exterior. El interés principal de la fisión es su alto rendimiento energético. Un gramo de uranio-235 fisionado totalmente produciría una energía de 1 MWd (megavatio día= 24.000 kilovatios-hora), lo mismo que la combustión de 2,1 tep. (Ver nota a pie de página <sup>4</sup>).

#### E. Fusión nuclear.

La fusión nuclear es un proceso de unión (fusión) de dos núcleos atómicos para formar uno solo. ¿Qué tiene de interesante juntar dos cuerpos y dejarlos unidos? Eso lo hacemos, por ejemplo, al modelar con barro o plastilina sin que a nadie le cause asombro. Lo que hace peculiar la fusión de dos núcleos

---

<sup>4</sup> Tonelada equivalente de petróleo (tep, en inglés toe), es una unidad de energía, que equivale a la energía que rinde un tonelada de petróleo, la cual, como varía según la composición química de éste, se ha tomado un valor convencional de: 41 868 000 000 J (julios) = 11 630 kWh (kilovatios-hora..).

protones y los neutrones, a los que genéricamente se les llama nucleones. Resulta que la fuerza nuclear tiene la particularidad de ser muy intensa pero de muy corto alcance, es decir, solamente cuando dos nucleones se encuentran muy próximos sienten la atracción mutua, en cuyo caso esta fuerza domina completamente cualquier otra fuerza presente (como la repulsión eléctrica entre protones) (Foro nuclear op Cit )

Cuando un nucleón está rodeado de otros nucleones siente una fuerza neta que es la suma de las fuerzas ejercidas por cada nucleón por separado y si quisiéramos arrancar este componente del núcleo necesitaríamos darle una energía suficiente para vencer esta fuerza neta. A la energía mínima necesaria para hacerlo se le llama energía de enlace. Al aumentar el tamaño del núcleo (o sea, el número de nucleones) la energía de enlace va creciendo debido a que hay más nucleones ejerciendo atracción, pero debido al corto alcance de la fuerza sólo los nucleones más cercanos contribuirán de manera significativa (Foro nuclear op Cit )

Por esta razón, el aumento en la energía de enlace es muy pronunciado cuando se empieza a aumentar de tamaño un núcleo pequeño y, a medida que se siguen agregando partículas, su efecto es cada vez menor porque están más distantes, lo cual hace que la energía de enlace casi no aumente. Así se tiene que para todos los núcleos más pesados la energía de enlace de un nucleón es prácticamente la misma y son más difíciles de romper que los ligeros. El interés

práctico de la fusión nuclear se encuentra en la cantidad de energía obtenida y en la abundancia de los elementos atómicos empleados, lo que le da el carácter de energía inagotable, lo que indudablemente, en la actualidad adquiere una importancia significativa, frente a los retos de descarbonización de las economías, para mitigar los efectos del cambio climático y el calentamiento global

En las reacciones nucleares de fusión se emplean elementos atómicos ligeros, en general el hidrógeno y sus isótopos El deuterio y el tritio El deuterio abunda en el agua del mar en una proporción de un átomo por cada 6 500 de hidrógeno Como además, tres cuartas partes del planeta están cubiertas por agua, se puede afirmar que las reservas son inagotables El tritio, aunque es escaso en la naturaleza, se puede generar mediante reacciones nucleares de neutrones con los dos isótopos del litio, material, por otro lado, abundante en la corteza terrestre (20 ppm) y en el agua del mar (0,17 ppm) Desde el punto de vista energético, por la fusión del deuterio contenido en un litro de agua, se obtiene una energía equivalente a la producida en la combustión de 300 litros de gasolina (Foro nuclear op Cit )

## F Las Centrales Nucleares

Una central nuclear es una instalación industrial construida para generar electricidad a partir de la energía nuclear Las centrales nucleares forman parte

de la familia de las centrales termoeléctricas, lo que implica que utilizan el calor para generar la energía eléctrica. Este calor proviene de la fisión de materiales como el uranio y el plutonio. La energía térmica se origina por las reacciones nucleares de fisión en el combustible nuclear formado por un compuesto de uranio (Foro nuclear op Cit )

El combustible nuclear se encuentra en el interior de una vasija herméticamente cerrada, junto con un sistema de control de la reacción nuclear y un fluido refrigerante constituyendo lo que se llama un reactor nuclear. El calor generado en el combustible del reactor y transmitido después a un refrigerante se emplea para producir vapor de agua, que acciona el conjunto turbina-alternador, generando la energía eléctrica (Central nuclear Santa María De Garoña (1963))

La central se ha realizado con un diseño específico que prevé estructuras civiles adecuadas, sistemas duplicados que responden al fallo previsto de uno de ellos y coeficientes de sobredimensionamiento para resistir el sismo máximo esperable, proteger contra las radiaciones ionizantes y prevenir los accidentes posibles y mitigar sus consecuencias. Por este motivo, los edificios de una central nuclear en comparación con una convencional de similar potencia son mucho más robustos y más grandes para alojar los sistemas redundantes instalados (Foro nuclear op Cit )

## 1 Funcionamiento

El funcionamiento de una central nuclear se basa en el aprovechamiento del calor para mover una turbina por la acción del vapor de agua, la cual está conectada a un generador eléctrico. Para conseguir el vapor de agua se utiliza como combustible el uranio o el plutonio. El proceso se puede simplificar en cinco fases:

Debido a la fisión del uranio que se lleva a cabo en el reactor nuclear, se libera una gran cantidad de energía que calienta el agua hasta evaporarla. Este vapor se transporta al conjunto turbina–generador mediante un circuito de vapor. Una vez ahí, las aspas de la turbina giran por la acción del vapor y mueven el generador que transforma la energía mecánica en electricidad. Una vez el vapor de agua ha pasado por la turbina, se envía a un condensador donde se enfría y se vuelve líquido. Y nuevamente se transporta el agua para volver a conseguir vapor, cerrando así el circuito del agua (Foro nuclear su Cit.)

Los residuos generados por la fisión del uranio son almacenados dentro de la propia central, en unas piscinas de hormigón especiales para materiales radioactivos.

## 2 El Reactor Nuclear

Un reactor nuclear es una instalación capaz de iniciar, mantener y controlar las reacciones de fisión en cadena, con los medios adecuados para extraer el calor generado. Un reactor nuclear consta de varios elementos, que tienen cada uno un papel importante en la generación de calor (Foro nuclear op Cit ). Estos elementos son

### a Combustible nuclear

El combustible, está compuesto por un material fisiónable, generalmente un compuesto de uranio, en el que tienen lugar las reacciones de fisión, y por tanto es la fuente de generación de calor. Se estima que, anualmente, en la producción de electricidad de origen nuclear, se producen en el mundo unas 10 500 toneladas de combustible gastado, y se espera un incremento a 11 500 toneladas para esta década (Foro nuclear su Cit )

Dado que menos de la tercera parte de esta cantidad es reprocesada, unas 8 000 toneladas de uranio se unen cada año al inventario de combustible gastado almacenado temporalmente. La mayoría del combustible gastado, está compuesto por el uranio original, que representa el 95% del porcentaje másico del combustible, correspondiendo el resto a productos de activación y de fisión, así como a actínidos transuránicos (TRU) Neptunio (Np), Plutonio (Pu), Americio (Am) y Cadmio (Cm) y sus descendientes (Foro nuclear op Cit )

La radiactividad del combustible gastado es muy elevada, decreciente en el tiempo pero duradera durante largos periodos, de los cuales los primeros 200 años, es debida principalmente a los productos de fisión que son emisores de radiaciones beta y gamma. Después de estos 200 años, serán los elementos transuránicos, básicamente emisores de partículas alfa, los mayores contribuidores a la radiactividad del combustible. Pasados 100 000 años, la radiactividad será debida, fundamentalmente, al U, Np, Pu y sus productos de desintegración radiactiva, así como a los productos de fisión Tecnecio 99 (Tc-99), Yodo 29 (I-129), Cesio 135 (Cs-135) y otros de vida larga (Foro nuclear su Cit )

#### b Barras de control

Son elementos de control, que actúan como absorbentes de neutrones, permiten controlar en todo momento la población de neutrones, y por tanto, la reactividad del reactor, haciendo que sea crítico durante su funcionamiento, y subcrítico durante las paradas. Los elementos de control tienen forma de barras, aunque el absorbente también puede encontrarse diluido en el refrigerante (Foro nuclear op Cit )

#### c Moderador

El moderador, que hace disminuir la velocidad de los neutrones rápidos producidos en la fisión nuclear, convirtiéndolos en neutrones lentos o térmicos

Este elemento no existe en los reactores denominados rápidos. Se emplean como materiales moderadores el agua, el grafito y el agua pesada (forma de agua que contiene una cantidad más grande de lo normal del isótopo del hidrógeno, el deuterio) (Foro nuclear su Cit )

#### d Refrigerante

El refrigerante, que extrae el calor generado por el combustible del reactor. Generalmente se usan refrigerantes líquidos, como el agua ligera y el agua pesada, o gases como el anhídrido carbónico y el helio (Foro nuclear su Cit )

#### e Reflector

El reflector, que permite reducir el escape de neutrones de la zona del combustible, y por tanto disponer de más neutrones para la reacción en cadena. Los materiales usados como reflectores son el agua, el grafito y el agua pesada (Foro nuclear op Cit )

#### f Blindaje

La atenuación que sufre la radiación a su paso por la materia dependerá fundamentalmente de dos factores



- El factor geometrico, que hace que con la distancia entre la fuente y el objeto la radiacion sea cada vez mas debil al disminuir el angulo solido abarcado, por lo que generalmente se tiene una proporcion inversa al cuadrado de la distancia, segun una ley ( $1/4\pi r^2$ ) (Del Olmo et Al op Cit )
- El factor material, que dependera del tipo y energia de la radiacion y de la composición del material, lo que afecta a la probabilidad de interaccion, atenuando la radiacion segun una ley que en general es de tipo exponencial decreciente con la distancia atravesada (Del Olmo et su op Cit )

Se denominan materiales de blindaje aquellos capaces de atenuar la radiacion hasta limites aceptables. Los materiales usados como blindaje son el hormigón, el agua y el plomo. La vasija del reactor aloja el combustible, los elementos de control y el moderador, permitiendo el paso indispensable del refrigerante. Un reactor nuclear de fisión es una instalación capaz de iniciar, mantener y controlar las reacciones de fisión en cadena, disponiendo de los medios adecuados para extraer el calor generado (Foro nuclear op Cit )

### 3 Tipos de Reactor Nuclear

Los primeros reactores nucleares comerciales entraron en operación en la década de los años cincuenta. Actualmente existen cerca de 440 reactores nucleares comerciales en operación en 31 países, con más de 364 000 MW de potencia eléctrica instalada. La energía nuclear proporciona el 16% de la electricidad mundial, como energía de base y su aportación a la potencia total ha ido aumentando progresivamente (Foro nuclear op Cit )

Los reactores nucleares se clasifican, de acuerdo con la velocidad de los neutrones que producen las reacciones de fisión, en reactores rápidos y reactores térmicos. A su vez, los reactores térmicos se clasifican, de acuerdo con el tipo de moderador empleado, así como el refrigerante en Reactores de agua pesada que usan como combustible uranio natural y el agua pesada se utiliza como moderador y como refrigerante. Los reactores de grafito, que utilizan como combustible uranio natural en forma metálica y grafito como moderador y anhídrido carbónico como refrigerante y los reactores de agua ligera uno de estos reactores está asociado generalmente el tipo de combustible usado, así como el refrigerante empleado. No obstante, los más utilizados son los reactores de agua ligera (Foro nuclear op Cit )

a Reactor de agua a presión (PWR – Pressurized water reactor)

Utilizan agua como moderador y refrigerante El combustible que utilizan las centrales nucleares PWR es dióxido de uranio enriquecido y el proceso comienza introduciéndolo en forma de pastillas en unos tubos (Foro nuclear op Cit )

Los elementos de combustible se refrigeran mediante un circuito de agua (llamado circuito primario) que, a su vez, sirve como moderador El agua aumenta la temperatura y se mantiene en estado líquido a causa de la elevada presión del sistema

El refrigerante circula por los generadores de vapor, cediendo el calor a otro circuito de agua diferente y totalmente independiente (circuito secundario) que se transforma en vapor, haciendo girar los álabes de la turbina, que está acoplada a un generador eléctrico El vapor, una vez ha pasado por la turbina, se condensa y vuelve al generador de vapor (Foro nuclear su Cit )

Todo este circuito está situado en el interior de un edificio de contención, constituido de hormigón armado con un espesor de entre 50 y 100 cm y con un cubrimiento interior de acero que hace que sea hermético Este edificio de contención se mantiene por debajo de la presión atmosférica para evitar, en caso de accidente, que los posibles escapes salgan al exterior (Foro nuclear su Cit )

Este tipo de reactor se ha desarrollado principalmente en los Estados Unidos, Rusia, Alemania, Francia y Japón

b Reactor de agua en ebullición (BWR – Boiling water reactor)

Las centrales BWR se diferencian de las anteriores principalmente en que no tienen circuito de agua secundario. Además, el circuito primario trabaja a una presión inferior y el vapor se produce en el reactor desde donde se envía directamente a la turbina para mover el generador (Foro nuclear op Cit )

Tanto las centrales PWR como las BWR disponen de un edificio de combustible que sirve para almacenar los elementos de combustible nuevos y para guardar el combustible ya utilizado hasta que se pueda trasladar a un centro de almacenaje final de combustible gastado (Foro nuclear op Cit )

El edificio de combustible y el de contención están conectados entre sí para poder trasladar los elementos combustibles sin salir de la zona controlada de la central y que se encuentra totalmente aislada del resto de instalaciones de la central. Además, las centrales nucleares disponen de edificios auxiliares en los que están situados los equipos y sistemas de seguridad (Foro nuclear op Cit )

## G Los Residuos Radiactivos

### 1 Definición

Según la definición de la Agencia Internacional de Energía Atómica, residuo o desecho radiactivo es "toda materia que contiene radionúcleidos en una concentración superior a los valores que las autoridades competentes consideran admisibles en los materiales adecuados para ser utilizados sin ningún control y para la que no está previsto ningún uso" (Badillo Almaraz y Pérez (2004)) Esta definición nos conduce al término "radionúcleido", cuyo significado es "isótopo de un elemento químico que posee la propiedad de emitir radiactividad" (Badillo Almaraz y Pérez (2004)) Recordemos que en el centro de todo átomo hay un núcleo formado por protones y neutrones apretados los unos contra los otros. Para un elemento químico hay un número definido de protones, pero puede variar el número de neutrones en su núcleo, un isótopo de un elemento químico tendrá pues el mismo número de protones, pero diferente número de neutrones (Foro nuclear op Cit )

Cuando el número de estas partículas, protones y neutrones, es muy elevado, el núcleo es inestable y "busca" la estabilidad expulsando partículas con una energía definida, o bien energía pura. Así tenemos la expulsión de partículas alfa, formadas por dos protones y dos neutrones, de partículas beta, que son electrones resultantes de la transformación de un neutrón en un protón, o de

rayos gamma, que son radiaciones invisibles y muy penetrantes. La radiactividad consiste pues en la emisión de partículas o radiaciones por parte de los átomos (isótopos) de algunos elementos, siendo radiactivos aquellos elementos que tienen un número muy elevado de protones y neutrones (Foro nuclear op Cit )

## 2 Origen

La energía nuclear como hemos mencionado, se obtiene mediante la fisión nuclear (rompimiento del núcleo), así como mediante la fusión nuclear (unión de núcleos). La fisión es la que se emplea actualmente en las centrales nucleares.

La fisión nuclear la consiguió por primera vez el científico italiano Enrico Fermi en 1942. Fermi construyó el primer reactor nuclear, en él se usaba uranio para producir calor. Este tipo de reactor es el que se emplea en las centrales nucleares de producción de energía eléctrica (Foro nuclear su Cit )

Después de permanecer tres años en el seno del reactor, el combustible quemado es descargado del reactor. En el momento de descargar, el combustible quemado desprende mucho calor, debido a la emisión intensa de radiaciones beta y gamma. Esta es la razón por la que se deja "enfriar" durante un tiempo en una piscina que se encuentra a un lado del reactor. Después de este enfriamiento, actualmente se practican en el mundo dos formas de tratar los

combustibles irradiados. La primera consiste en reprocesar estos combustibles para separar el plutonio y el uranio de los otros productos e inmovilizarlos en bloques de vidrio destinados al almacenamiento profundo. La segunda consiste en dejar los combustibles usados sin tratar para almacenarlos directamente. Es el reprocesamiento de este combustible irradiado el que genera la mayor parte de los residuos de actividad elevada. Efectivamente, los desechos radiactivos de actividad elevada provienen esencialmente del tratamiento del combustible quemado que sale de las plantas nucleoelectricas (Foro nuclear op Cit )

En un reactor nuclear, además de la reacción de fisión nuclear, se producen reacciones de captura de neutrones, es decir, los neutrones liberados en cada reacción de fisión son utilizados para producir isótopos radiactivos. Estas reacciones de captura de neutrones por los distintos materiales que contienen al elemento combustible son el origen de los desechos clasificados como elementos de actividad media y vida media larga. Representan la masa más importante de desechos de vida media larga (más del 90 por ciento), pero contienen sólo una pequeña parte de la radiotoxicidad (menos del 10 por ciento). Estos desechos se presentan en forma extremadamente diversa. Se trata de trozos del encapsulado metálico que contenían al combustible en un reactor de agua a presión, las extremidades de los elementos combustibles en el mismo reactor, además de desechos sólidos de naturaleza muy diversa, así como algunas matrices sólidas (cementos, asfalto) que contienen lodos contaminados.

Tanto en la energía nuclear como en las diferentes aplicaciones de los isótopos radiactivos se generan residuos radiactivos. A continuación se realiza una descripción del origen de los residuos radiactivos generados en distintas aplicaciones.

a Generados en medicina e industria

En el campo de la medicina, el uso de isótopos radiactivos para el radiodiagnóstico y la radioterapia ha ido creciendo a lo largo de los últimos años. En radiodiagnóstico se utilizan como trazadores fuentes radiactivas no encapsuladas, generalmente en estado líquido, (Tecnecio 99 (Tc-99), Titanio 201 (Ti-201), Galio 67 (Ga-67), Yodo 131 y 125 (I-131, I-125) que permiten el estudio de diferentes órganos tales como el corazón, glándula tiroides, hígado y glándulas hormonales, etc (Del Olmo et Al op Cit ).

También en medicina nuclear se utilizan fuentes no encapsuladas para el tratamiento de enfermedades del tiroides (I-131) o de la sangre Azufre 32 (P-32). Estas actividades generan residuos radiactivos sólidos: algodones, guantes de goma, jeringuillas, etc. así como residuos líquidos, fundamentalmente líquidos procedentes de las técnicas de centelleo.

En radioterapia, el tratamiento de tumores se realiza tanto con fuentes encapsuladas como no encapsuladas, destacando las fuentes encapsuladas de Cobalto 60 (Co-60) (en equipos de cobaltoterapia). Estas fuentes,



frecuentemente de mucha actividad, han de ser cambiadas debido al decaimiento radiactivo cuando su actividad disminuya por debajo de un determinado nivel y por tanto, dejan de ser útiles para estos fines (Del Olmo et Al op Cit )

En las aplicaciones de los isótopos radiactivos en los procesos industriales, está especialmente extendido el uso de fuentes encapsuladas. Mediante el uso de este tipo de fuentes (generalmente de baja actividad), se suelen obtener medidas de nivel, humedad, densidad o espesor en procesos continuos o de difícil acceso. También se utilizan fuentes encapsuladas de radiación gamma para ensayos no destructivos en construcciones metálicas (gammagrafía) y en esterilización industrial. En estos casos, se necesitan fuentes de una actividad mayor que en los anteriores. Al igual que las fuentes encapsuladas utilizadas en medicina, cuando decae su nivel de actividad, deben ser retiradas considerándose residuos radiactivos a gestionar (Del Olmo et Al su Cit )

#### **b Generados en el ciclo del combustible nuclear**

El ciclo del combustible nuclear comprende todas las etapas por las que debe pasar cualquier combustible nuclear para ser usado en reactores nucleares, así como las etapas en donde se reprocesa el combustible gastado y se tratan los residuos generados (Del Olmo et Al su Cit )

El ciclo del combustible de uranio, tiene dos fases claramente diferenciadas. La primera parte del ciclo del combustible, que transcurre desde el inicio en la minería del uranio hasta que el elemento combustible llega al reactor nuclear. Las actividades de la primera fase son: minería del uranio, fabricación de concentrados de uranio, conversión a hexafluoruro de uranio (solamente para uranio enriquecido), enriquecimiento de uranio y fabricación de elementos combustibles. Normalmente las dos primeras se efectúan en una misma instalación, situada a pie de mina, y las otras dos se pueden realizar o bien en un proceso completo todo él dentro de la misma instalación o en instalaciones separadas.

El descubrimiento del uranio como el combustible de los reactores nucleares impulsó la prospección y, en su caso, la extracción del uranio natural en todo el mundo. El mineral natural contiene habitualmente una concentración de uranio comprendida entre 0.1 y 0.5 por ciento. Una vez triturado y molido, se ataca con ácido sulfúrico para disolver el uranio. Los residuos generados en la minería y en la fabricación de concentrados, contienen radionucleidos de la cadena de desintegración del uranio (Del Olmo et al. su Cit.)

La disolución resultante (algunos cientos de miligramos de uranio por litro) se concentra a continuación hasta un contenido del orden del 70 por ciento, en forma de la llamada "torta amarilla", destinados a la fabricación del elemento combustible. El uranio no extraído, así como sus descendientes radiactivos

(elementos producidos en la transformación radiactiva –emisión de partículas o radiaciones– de un radionúclido), queda en los residuos sólidos y líquidos. Se trata de residuos de muy baja actividad, pero de vida media muy larga. El riesgo principal es la emisión permanente de radón, gas radiactivo cuyos descendientes se pueden fijar en los pulmones. También existe un riesgo menos importante debido al transporte del radio por el agua (Del Olmo et al. op. cit.)

Las operaciones sucesivas en el ciclo del combustible nuclear producen desechos. De la "torta amarilla" posteriormente, se purifican los concentrados y se convierten en dióxido de uranio ( $\text{UO}_2$ ) y luego en hexafluoruro de uranio ( $\text{UF}_6$ ), compuesto utilizado para la separación isotópica posterior. Por medio de difusión, centrifugación u otro proceso al que se somete el  $\text{UF}_6$ , se consigue elevar el contenido en el isótopo fisiónable U-235 (enriquecimiento) que es material fisiónable, cuyos núcleos se pueden fragmentar.

Con posterioridad a estas etapas, y dentro de la primera parte del ciclo, se procedería a la reconversión del  $\text{UF}_6$  a  $\text{UO}_2$  y a la fabricación de elementos combustibles a partir del  $\text{UF}_6$  enriquecido. Actualmente, más del 90 por ciento del uranio natural que se somete a la operación de enriquecimiento no se utiliza (el uranio natural está constituido por un 0,71 por ciento del isótopo uranio-235, y 99,3 por ciento de uranio-238). Se trata de un residuo de muy baja actividad, pero de vida media muy larga. La irradiación de los combustibles en el seno del reactor dura tres años y conduce a la formación de radionúclidos muy variados,

resultado de las reacciones de fisión o de captura de neutrones en las que se ven implicados los núcleos pesados (uranio y plutonio), y en menor proporción por la activación de otros elementos presentes en el combustible o en las estructuras que lo rodean. La composición inicial del combustible se ha transformado notablemente.

La generación de residuos radiactivos en una central nuclear tiene su origen en el proceso de fisión del combustible que se produce en el reactor. En este proceso se originan productos de fisión que contienen isótopos radiactivos de diferentes elementos. Una pequeña fracción de los productos de fisión generados pasa al agua del circuito de refrigeración, bien a través de defectos de las vainas de las barras de combustible o bien por difusión a través de las mismas.

También aparecen productos de activación radiactivos originados por el flujo neutrónico a través de los materiales estructurales de los elementos combustibles y de las impurezas del refrigerante primario del reactor, así como transuránicos de vida larga por procesos de captura neutrónica. Entre los residuos radiactivos de operación, se incluyen los equipos y dispositivos que son utilizados para la purificación y limpieza de los circuitos de refrigeración (Del Olmo et Al su Cit )

Los isótopos radiactivos quedan finalmente incorporados o acumulados en forma sólida en resinas de intercambio iónico, o en filtros, así como en forma de concentrados de evaporación, con el objeto de disminuir el volumen de los residuos líquidos que son acondicionados en matrices sólidas

La segunda fase del ciclo de combustible, comienza con la extracción de los elementos combustibles, y finaliza con el almacenamiento definitivo. Las actividades de la segunda fase, comprenden para el caso del ciclo abierto, el almacenamiento temporal del combustible gastado y su gestión como residuo de alta actividad y, para el caso del ciclo cerrado actual, su transporte hasta la fábrica de reproceso, el posterior transporte del uranio y plutonio recuperados hasta la fábrica de elementos combustibles, y la gestión de los residuos radiactivos generados. Para el caso de ciclo cerrado avanzado, se unirían al ciclo cerrado actual las técnicas de separación y transmutación (Del Olmo et Al su Crt )

El combustible nuclear, una vez ha finalizado su etapa de producción de energía en el reactor, es almacenado en las piscinas de combustible gastado de la misma central nuclear para evacuar el calor residual que produce. A partir de este momento existen las siguientes líneas básicas de actuación:

1 Ciclo abierto. Después de un período indefinido de almacenamiento temporal (bien en piscinas, bien en seco), se procede al acondicionamiento y

encapsulado del combustible para su almacenamiento definitivo. En esta primera opción, todo el combustible gastado es considerado residuo radiactivo, el combustible gastado como residuo si se opta por el ciclo abierto, debe gestionarse como un residuo sólido de alta actividad. El combustible gastado en las centrales nucleares se traslada a las piscinas de ciclo abierto situadas en las propias centrales, donde se enfría. Dado que la capacidad de estas piscinas es limitada, es necesario el paso del combustible gastado por un almacenamiento intermedio, donde su radiactividad y, consecuentemente, su calor residual, decae hasta niveles aceptables para el almacenamiento definitivo.

En el almacenamiento en piscinas, el agua se contamina con productos de corrosión activados y productos de fisión escapados de elementos defectuosos. El mantenimiento de la calidad del agua da lugar a la aparición de residuos tales como filtros y cambiadores de iones (Del Olmo et Al su Cit )

2 Ciclo cerrado. Tras un periodo de almacenamiento temporal, se procede al reproceso del combustible gastado con objeto de separar el uranio y el plutonio del resto de componentes para su utilización posterior en un nuevo proceso de fisión nuclear. Una vez separados el uranio y el plutonio, los residuos resultantes son acondicionados mediante vitrificación para su posterior manejo y almacenamiento.

El reproceso del combustible gastado en las plantas de reproceso genera residuos sólidos, líquidos y gaseosos con características radiactivas muy diferentes

- Residuos sólidos de media actividad que contienen emisores alfa constituidos por los componentes estructurales de los elementos combustibles, tales como cabezales, vainas, espaciadores, muelles, etc , contienen principalmente productos de activación y una pequeña porción de productos de fisión y transuránicos (Badillo Almaraz y Pérez op Cit )
- Residuos líquidos de alta actividad procedentes del primer ciclo de la separación del uranio y plutonio Estos residuos contienen la casi totalidad de los productos de fisión del combustible y de los actínidos minoritarios (transplutónicos) y el uranio y el plutonio no recuperados Estos residuos se inmovilizan en matrices de vidrio, confinándose en contenedores de acero inoxidable (Badillo Almaraz y Pérez su Cit )
- Residuos sólidos de actividad baja e intermedia, entre los que hay que distinguir los que contienen radionucleidos de larga vida (emisores alfa) Proceden del tratamiento de corrientes líquidas y gaseosas contaminadas que aparecen en los procesos químicos a

los que se somete el combustible y en el mantenimiento de la instalación. Están constituidos, principalmente, por concentrados de evaporación, resinas de intercambio iónico, filtros para gases, filtros de ventilación gastados, equipos contaminados, etc., que se inmovilizan mediante matrices sólidas o mediante conglomerados hidráulicos (Badillo Almaraz y Pérez op Cit )

- Residuos gaseosos constituidos fundamentalmente por los gases nobles de fisión, xenón y criptón, que se desprenden junto con el tritio, yodo, carbono, etc., al cortar y disolver los elementos combustibles. Esta corriente de residuos es sometida a procesos de lavado, concentración, evaporación, filtrado y mezcla con otras corrientes. El principal elemento radiactivo es el kriptón (Kr-85), que, tras dilución, es descargado a la atmósfera (Badillo Almaraz y Pérez su Cit )

3 Ciclo cerrado avanzado el ciclo cerrado avanzado incluye el ciclo cerrado actual y la separación y transmutación de los actínidos minoritarios y algunos productos de fisión resultantes para disminuir su actividad (Del Olmo et Al op Cit )

En esta opción se puede reducir la radiotoxicidad si se separan y transmutan los actínidos minoritarios (Np, Am y Cm). Además de los actínidos



minoritarios, pueden separarse algunos productos de fisión de vida larga de alta radiotoxicidad. En este proceso de separación, se generan además residuos radiactivos de baja y media actividad. Posteriormente, los actínidos minoritarios y productos de fisión de vida larga separados deben ser transmutados en sistemas adecuados para su transformación en radionucleidos de vida corta o estable. En este proceso de transmutación cabe esperar la generación de residuos, tanto de baja y media como de alta actividad, que deben ser almacenados (Del Olmo et Al op Cit )

#### c Generados en el desmantelamiento de instalaciones nucleares

Una vez finalizada la vida útil de las instalaciones nucleares y radiactivas, se procede a cerrarlas con carácter permanente y comienza la operación de clausura. En las instalaciones del ciclo del combustible previas al reactor, los residuos contienen radionucleidos naturales (uranio y sus productos de decaimiento) siendo los estériles de minería y de fabricación de concentrados los de mayor volumen. Éstos se deben estabilizar para evitar riesgos radiológicos (Del Olmo et Al su Cit )

El desmantelamiento de una central nuclear se debe realizar en tres fases o niveles, aceptadas internacionalmente. En un primer nivel, el combustible gastado se almacena en una instalación adecuada fuera de la zona de operación del reactor y se acondicionan y retiran todos los residuos radiactivos generados

durante la operación del reactor. Al final el emplazamiento y las instalaciones quedarán bajo vigilancia para asegurar que se mantienen las buenas condiciones.

El segundo nivel de desmantelamiento tiene por finalidad sellar todas las partes de la central donde existen los niveles más altos de radiactividad y retirar todas las partes que puedan ser fácilmente desmanteladas. Consiste en un desmantelamiento parcial con liberación restringida del emplazamiento.

Por último, en el nivel 3 de desmantelamiento se separa todo el material radiactivo por encima de unos niveles de aceptación, establecidos por las autoridades competentes, cuya actividad sea tan baja que puedan ser manejados y evacuados como si fueran materiales no radiactivos. Es un desmantelamiento total con liberación total e incondicional del emplazamiento. Finalizada la vida útil de una central, si se opta por su desmantelamiento total se originan residuos radiactivos, tales como la vasija del reactor y componentes existentes internos y externos al blindaje biológico y hormigón activado y contaminado (Del Olmo et Al su Cit.)

En el desmantelamiento de las instalaciones de etapas posteriores al reactor, se obtienen residuos contaminados con productos de fisión y trazas de transuránicos. Presentan un alto nivel de radiactividad las celdas calientes donde

se efectúa el reproceso del combustible, así como las piscinas de almacenamiento (Del Olmo et Al su Cit )

### 3 Clasificación

A diferencia de los desechos tóxicos industriales, los desechos nucleares se pueden clasificar en categorías bien definidas, además de que las cantidades implicadas son mucho menores que en los residuos industriales tóxicos

Los desechos radiactivos como hemos mencionado, se caracterizan esencialmente por la naturaleza de los elementos que contienen y por su actividad por unidad de volumen o de masa (expresada en becquerels número de desintegraciones espontáneas por segundo) Esto último permite evaluar la cantidad de átomos radiactivos contenidos en el desecho A cada uno de estos radionúcleidos corresponde un tiempo de vida media radiactiva, el cual indica el tiempo necesario para que su actividad disminuya a la mitad Dicho lo cual, no en todos los países se emplea la misma clasificación de residuos, razón por la que la Comisión de la Unión Europea ha recomendado unificar criterios, para lo cual propone la siguiente clasificación, que entró en vigor el 1 de enero de 2002, en Residuos de transición, Residuos de baja y media actividad y Residuos de alta actividad Vamos a considerar a cada una de estas de manera separada

### a Residuos de bajo nivel o actividad (RBN)

Estos residuos comprenden sólo al 1% de la radioactividad de todos los residuos nucleares del mundo, pero son, sin embargo, el 99% de su volumen. Son aquellos residuos con una actividad por debajo de 0.01 curies/kg. Esto es como 1.000 millones de veces menos radioactividad que la que tienen los residuos de alta actividad (Beckmann (1979)).

Estos residuos provienen principalmente de la actividad industrial, por ejemplo, ensayos no destructivos que, junto a los residuos de origen médico y de investigaciones académicas y científicas, suman el 46%, en volumen, de todos los residuos nucleares. Los restantes 56% (en volumen) vienen de las centrales nucleares y ello incluye a los nucleidos radioactivos sólidos que se extraen del agua de refrigeración, ropas protectoras y materiales de limpieza (Beckmann su Cit.)

### b Residuos transuránicos o media actividad

Su concentración en radionucleidos es tal que la generación de energía térmica durante su evacuación es suficientemente baja. Pueden ser a su vez de vida corta, si contienen nucleidos cuyo período medio es inferior o igual al del Cesio 137 (Cs-137) y el Estroncio 90 (Sr-90) (treinta años, aproximadamente), con una concentración limitada de radionucleidos alfa de vida larga (4.000 Bq/g en lotes individuales de residuos y una media general de 400 Bq/g en el volumen

total de residuos), o residuos de vida larga, si posee radionucleidos y emisores alfa de vida larga cuya concentración es superior a los límites aplicables a los residuos de vida corta (Beckmann op Cit )

Estos residuos, se dan igualmente, en las instalaciones médicas y hospitalarias, en el uso de isótopos radiactivos para el diagnóstico y tratamiento de enfermedades es muy amplio y está en constante crecimiento. Así, elementos radiactivos no encapsulados, normalmente en fase líquida, son utilizados para el diagnóstico mediante trazadores con Tc-99m, I-125, H-3 o C-14, o bien para el tratamiento de enfermedades del tiroides (I-131) o de la sangre (P-32). Estas actividades generan residuos radiactivos sólidos. Algodones, guantes de goma, jeringuillas, etc., así como residuos radiactivos líquidos, que se clasifican como residuos de media actividad. Por otro lado, en el tratamiento de tumores se emplean fuentes encapsuladas, siendo muy frecuente el uso de Co-60. Estas fuentes, una vez retiradas, son gestionadas como residuos de media actividad (Beckmann su Cit )

En las instalaciones industriales se utilizan también fuentes encapsuladas. Las de menor actividad se emplean en procesos de control. Para hacer ensayos no destructivos en construcciones metálicas por gammagrafía hacen falta fuentes de mayor actividad, y en irradiadores de esterilización de material sanitario o de alimentos, son necesarias fuentes de más alta actividad (cesio-

137, por ejemplo) En todos los casos estas fuentes, al final de su vida útil, son consideradas residuos de baja y media actividad

En los centros de investigación, los residuos proceden de reactores de enseñanza e investigación, celdas calientes metalúrgicas (instalaciones auxiliares de investigación donde se realizan ensayos, manipulaciones, pruebas, etc), plantas piloto y servicios de descontaminación Estos residuos son de naturaleza física, química y radiactiva muy variable y pueden cubrir toda la escala de clasificación de los residuos radiactivos (Beckmann op Cit )

La investigación científica ha producido elementos radiactivos artificiales o denominados transuránicos, que no se dan de manera natural en el ambiente Las reglamentaciones actuales definen a los Materiales Transuránicos (MTU), como aquellos contaminados con radionucleidos que emiten radiación alfa de número atómico mayor que 92 y vida media mayor que 20 años (por ejemplo el plutonio) en concentraciones mayores a 100 nanocuries por gramo (nCi/g) y se descomponen principalmente a través de la emisión de partículas alfa, que tienen poco alcance, generan poco calor, y son bloqueadas con facilidad, lógicamente, estos elementos, generan residuos, que provienen principalmente de las actividades nucleares militares Como el reprocesamiento del combustible quemado de los reactores de los submarinos nucleares y durante el reprocesamiento para obtener plutonio para la fabricación de armas atómicas

### c Residuos de alta nivel o actividad

Son la mezcla altamente radioactiva de productos de fisión y Transuránicos que resultan del reprocesado del combustible quemado y que requiere aislación permanente. Si no es disipado, el calor de la descomposición atómica de tales residuos provoca temperaturas muy elevadas. Los RAN, como se conoce a estos residuos, son preocupantes por la presencia simultánea del calor y algunos Transuránicos de alta toxicidad y muy larga vida media (Dixie Lee (1986))

El calor de la descomposición de los productos de la fisión nuclear disminuyen rápidamente con el tiempo y se disipa con facilidad en la superficie o muy poco por debajo de ella. La profundidad generalmente incrementa el aislamiento térmico y a largo plazo. Después de 600 años de descomposición, la generación de calor de los mismos no tiene ninguna consecuencia seria. Como ya se hizo notar, estos residuos de alta actividad comprenden solamente al 1% de todo el volumen de los residuos radiactivos, pero son el 99% de toda la radioactividad de los mismos (Dixie Lee su Cit )

Los residuos de alta actividad de las centrales nucleares son, por ejemplo, las barras de combustible quemado de 4 metros de largo que se extraen del núcleo durante el recambio de combustible de los reactores. Son residuos intensamente radioactivos y contienen mucho del uranio original, el plutonio que

se ha producido, productos de fisión de larga vida y una cantidad de otros radionucleidos y subproductos de la fisión. Normalmente, las barras de combustible quemado son almacenadas en grandes piletas de agua, dentro de las mismas centrales - verdaderos repositorios - donde se enfrían gradualmente. Después de eso, las actuales políticas nucleares de la mayoría de los países contemplan el enterramiento en profundas capas geológicas (Cohen (1984))

#### 4 Gestión de residuos nucleares

Tanto en los procesos vitales como en la propia naturaleza se producen continuamente residuos. Algunos son reprocesados y forman parte de esos propios ciclos pero otros no y no tienen otro destino que su eliminación o su confinamiento. A estos últimos es mejor denominarlos como "desechos". La actividad humana genera también residuos y desechos. Se trata de sustancias, materiales u objetos, restos de productos naturales o de procesos de fabricación.

La humanidad ha convivido con la radiación y los isótopos radiactivos desde la aparición de nuestra vida en la tierra, donde existían isótopos radiactivos de período de semidesintegración muy largo, como el potasio-40, el uranio-238, el uranio-235 y el torio-232, así como los isótopos resultantes de la desintegración de estos tres últimos. También el hombre ha empleado algunos isótopos radiactivos naturales, como el radio-226 en técnicas terapéuticas y el uranio-235 en los reactores nucleares.



## a Aislamiento

El aislamiento de residuos nucleares se realiza mediante la interposición de barreras naturales y artificiales entre los residuos radiactivos y el ser humano, de forma que impidan el escape de radionucleidos al medio ambiente. El objetivo es suprimir todas las vías de escape al medio ambiente, impidiendo o retardando la migración de los radionucleidos a través del agua subterránea hacia la superficie (Foro nuclear op Cit )

Las barreras naturales están constituidas por formaciones geológicas diversas, y las barreras artificiales están compuestas por matrices de inmovilización, paredes de hormigón y arcillas especiales

Las cuatro barreras empleadas son las siguientes

- Barrera química Inmoviliza el residuo en una matriz sólida, estable y duradera, que sea químicamente inerte. Esta operación se conoce como acondicionamiento. Los materiales más empleados para la matriz son Cemento, asfalto y polímeros (Foro nuclear su Cit )
- Barrera física Es el contenedor donde están confinados los residuos nucleares inmovilizados evitando así su contacto con el exterior y su posible dispersión. Los contenedores son bidones metálicos, resistentes a

la corrosión y con una elevada conductividad de energía calorífica que permita la evacuación del calor residual (Foro nuclear op Cit )

- **Barrera de ingeniería** Constituida por las estructuras, blindajes y sistemas de almacenamiento Se denominan materiales de blindaje aquellos capaces de atenuar la radiación hasta límites aceptables Desde ese punto de vista, para detener la radiación alfa no habrá que proporcionar más que un pequeño espesor de plástico o unos centímetros de aire Con respecto a los emisores beta se emplearan también plásticos (metacrilato, polietileno) o metales ligeros (aluminio), recubiertos externamente con plomo si la radiación de frenado pudiera llegar a ser intensa En el caso de la radiación X o gama se podrán emplear agua, hormigón y metales (plomo, acero) (Foro nuclear su Cit )
- **Barrera geológica** Está constituida por la formación geológica de la corteza terrestre donde se almacenan los residuos nucleares Debe ser estable e impermeable, deteniendo así el escape de los radionucleidos al medio ambiente en el caso de que superasen las tres barreras anteriores (Foro nuclear su Cit )

## b Acondicionamiento

El acondicionamiento de residuos está constituido por una serie de procesos que van desde la producción de los residuos, hasta que son embidonados, después de su tratamiento e inmovilización

Un residuo de baja y media actividad puede fraccionarse en dos partes, posee una baja actividad, y una concentrada de pequeño volumen y con actividad próxima a la del residuo original, que se transforma en un producto sólido, en el caso de residuos líquidos, o en un sólido compacto en el caso de residuos nucleares sólidos. Una descontaminada, que contiene casi todo el volumen total del residuo original y el acondicionamiento consta de tres fases (Foro nuclear op Cit )

- 1 Pretratamiento Donde se clasifican los residuos nucleares (según actividad, período de semidesintegración y composición química), se trocean, se descontaminan y se almacenan para decaimiento y transporte
- 2 Tratamiento principal Donde se reduce el volumen del residuo nuclear y se concentra la actividad en dicho volumen reducido, optimizando así la capacidad de almacenamiento de las instalaciones. En los residuos líquidos, se separa el radionucleido de la solución donde están disueltos mediante precipitación química, centrifugación, filtración, evaporación e intercambio iónico, y posteriormente se concentra. Los residuos sólidos

suelen ser compactados, obteniéndose unas pequeñas “pastillas” con la suficiente resistencia como para evitar su expansión, que se introducirán en un contenedor de mayor tamaño y se inmovilizarán con cemento. Los residuos sólidos orgánicos y biológicos, y los líquidos combustibles se incinerarán, inmovilizando también con cemento sus cenizas.

- 3 Inmovilización y envasado. Se inmovilizan todos los componentes del residuo mediante procesos de solidificación (con cemento), de modo que el producto sólido obtenido sea químicamente inerte, resistente al fuego, estable frente a radiaciones, insoluble al agua y conductor del calor residual. El producto sólido y su contenedor se denominan bulto, y garantizan la inmovilidad de los radionucleidos.

#### c Transporte

Durante el transporte, se debe asegurar la contención del material radiactivo para evitar contaminar a las personas y al medio ambiente, controlando además el nivel de radiación externa y proporcionando señales de advertencia sobre el contenido del bulto. De acuerdo con la situación geográfica de los productores de residuos y las características de los residuos a retirar, se elabora un programa en el que se establecen las fechas, horas y rutas de la retirada (Código IMDG (2011)).

En función de su actividad, de su forma física, de su contenido radiactivo y del tipo de embalaje, se distinguen cinco tipos de bultos (Código IMDG Op Cit )

- **Bultos exceptuados** Aquellos que contienen cantidades de material radiactivo lo suficientemente pequeñas como para estar exentas de la mayoría de los requisitos de diseño y uso Sin embargo, deben ir correctamente etiquetados para identificar su contenido radiactivo como en los otros tipos de bultos
- **Bultos industriales** Se emplean para transportar materiales de baja actividad o contaminados superficialmente
- **Bultos de tipo A** Están diseñados para transportar de forma segura cantidades relativamente pequeñas de materiales radiactivos y/o fuentes radiactivas poco intensas En este tipo, se limitan las cantidades máximas de radionucleidos que pueden transportarse en dichos bultos, para que en caso de liberación de radionucleidos, los riesgos de contaminación o radiación externa sean bajos
- **Bultos tipo B** Se emplean para transportar cantidades mayores de material radiactivo, como radioisótopos, combustible gastado, residuos

vitrificados y materiales similares de alta actividad Están diseñados para resistir los efectos de accidentes graves

En cuanto al etiquetado de los bultos, se distinguen tres categorías (Código IMDG Op Cit )

- Categoría I-Blanca Para bultos en los que la intensidad máxima de la radiación en la superficie es de 0,005 mSv/h
- Categoría II-Amarilla Para bultos en los que la intensidad máxima de la radiación en la superficie está comprendida entre 0,005 y 0,5 mSv/h
- Categoría III-Amarilla Para aquellos en los que la intensidad máxima oscila entre 0,5 y 2 mSv/h

## H Almacenamiento o Vertederos nucleares

Sin importar de donde provengan, todos los residuos radiactivos deben ser solidificados y adecuadamente empacados antes de ser enviados a su lugar de almacenamiento Existen en Estados Unidos tres lugares que han estado en uso por muchos años Uno en Carolina del Sur, otro en Nevada y el tercero en el Estado de Washington Estos lugares se llaman "repositorios nucleares" y algunos sectores los llaman de manera despectiva "basureros", creando

confusión en la opinión pública de que los residuos nucleares serán arrojados allí, a cielo abierto, de la misma forma que las municipalidades de muchos pueblos los hacen con la basura domiciliaria, para que se pudra y se convierta en tierra otra vez (Ciallella (1997))

La gente cree entonces, que la radioactividad saldrá a chorros de los muy mal llamados "basureros" nucleares, por lo que a manera de hacer docencia para crear conciencia, el término adecuado es repositorios nucleares. Durante algunos años, el almacenamiento de residuos de baja actividad se realizaba mediante vertidos al mar, práctica en moratoria desde 1983 y totalmente prohibida desde 1993.

La solución válida en la actualidad es el almacenamiento definitivo en tierra firme, donde existen dos opciones:

#### 1 Almacenes temporales

El almacén temporal centralizado (ATC) está diseñado para albergar residuos de alta actividad. En su interior se gestionan los residuos radiactivos, bien como solución temporal para su aislamiento, o bien con el objetivo de tratar y reciclar estos residuos. En países como Francia o el Reino Unido, se encuentran anexos a plantas de reprocesado, donde se separa cualquier elemento utilizable, como el uranio y el plutonio, de productos de fisión y otros materiales existentes en el combustible nuclear gastado en los reactores nucleares. El problema de este tipo de instalación es que está concebida para el

almacenamiento durante menos de 100 años, mientras que este tipo de residuos tienen una vida máxima superior a 300 años (Cementerios nucleares (2013))

## 2 Almacenes geológicos

El almacenamiento geológico profundo (AGP) se utiliza para residuos de alta actividad, y es el lugar donde deben almacenarse éstos durante un periodo de miles de años. Su utilización está justificada por motivos tecnológicos, ambientales y de seguridad, éticos y de buena práctica internacional. Asegura la protección a largo plazo del ser humano y del medio ambiente contra las radiaciones, aprovechando formaciones geológicas que permitan ubicar estos residuos tan duraderos. Los factores más importantes de este tipo de almacenado son la formación geológica a utilizar (como simas y cuevas) y las barreras artificiales para aislarlo del medio (Cementerios nucleares su Cit )

El sistema se encuentra en fase de desarrollo, si bien la mayoría de países con un alto desarrollo nuclear se encuentran en fase de estudio de ubicaciones idóneas, en Nuevo México funciona el único AGP del mundo, el Waste Isolation Pilot Plant, destinado a residuos militares de Estados Unidos

## 3 Almacenes submarinos

El vertido de residuos radiactivos en los mares fue una práctica habitual desde 1950. A finales de la década, hubo varias controversias sobre estos



vertidos en las costas de los Estados Unidos por empresas autorizadas por la Comisión de Energía Atómica, y en el Mar de Irlanda a cargo de empresas británicas, y la práctica se incrementó con la proliferación nuclear de los años 1980 (Cementerios nucleares op Cit )

Desde 1993, existen leyes internacionales que prohíben el depósito de residuos de alta actividad en el mar. A pesar de esta legislación, se estudia la posibilidad de utilizar fosas oceánicas como almacenes en distintas partes del mundo. Se estima que la Fosa Atlántica (parte de la Dorsal mesoatlántica, situada a unos 700 km de las costas de Galicia y de unos 4 000 m de profundidad) alberga más de 140 000 toneladas de residuos radiactivos, vertidos entre 1967 y 1983 (Cementerios nucleares su Cit )

## **CAPÍTULO II. REGIMÉN JURÍDICO INTERNACIONAL DEL TRANSPORTE DE MATERIALES RADIATIVOS.**

### **A Surgimiento del Organismo Internacional de la Energía Atómica (OIEA)**

Las Naciones Unidas y la era nuclear nacieron casi simultáneamente. El horror de la Segunda Guerra Mundial, que culminó con las explosiones nucleares sobre Hiroshima y Nagasaki, dio cuenta de la necesidad de tratar la cuestión nuclear. En su primera resolución, la Asamblea General estableció la Comisión de las Naciones Unidas de Energía Atómica para estudiar los problemas surgidos con motivo del descubrimiento de la energía atómica. Y un discurso histórico pronunciado por el Presidente de los Estados Unidos Dwight D. Eisenhower en 1953, "Átomos por la paz", condujo a la fundación en 1957 del Organismo Internacional de Energía Atómica (OIEA).

En la actualidad, 439 reactores nucleares generan aproximadamente el 16 por ciento de la electricidad del mundo. En nueve países, más del 40 por ciento de la producción energética procede de la energía nuclear. El OIEA, Organización Internacional del sistema de las Naciones Unidas, fomenta el uso de la energía atómica con fines seguros y pacíficos, y vela por que la tecnología

nuclear se utilice para el desarrollo sostenible Sobre el particular, en la utilización de materias radiactivas pueden presentarse los cuatro peligros siguientes (Tocino Biscarolasaga (1975))

- Contaminación, es decir pérdida o disolución de dichas materias en el medio
- Irradiación, particularmente de los organismos vivos y de las películas fotográficas
- Calor, debido a la producción de energía
- Criticidad, o desencadenamiento de una reacción en cadena

Con el transporte, estos riesgos corren mayor peligro de producirse, ya que (Losilla Peralta (1993))

- Un accidente puede hacer que estas materias se pierdan
- Las limitaciones de espacio en los medios de transporte pueden hacer que la tripulación y los pasajeros reciban una radiación más alta de lo deseable

- Esta misma causa puede hacer que, debido a una colocación incorrecta de las materias radiactivas, se produzca una reacción en cadena

Razones como las que acabamos de exponer han conducido a reglamentar de modo específico el transporte de materiales radiactivos, y esta reglamentación tiene en cuenta los siguientes aspectos (Losilla Peralta op Cit )

- El embalaje de los materiales sujetos al transporte, que debe cumplir dos finalidades La protección de éstos contra posibles accidentes, y la protección de personas y el ambiente contra las radiaciones
- El etiquetado y la marcación de los paquetes
- Las operaciones relacionadas con el transporte, especialmente la carga y los controles a que deben ser sometidos los paquetes
- Las prescripciones administrativas que se consideren necesarias

La colección de normas de seguridad se complementa con una colección de documentos de carácter técnico y detallado (Safety Report Series) cuyo objetivo es facilitar la puesta en práctica de las guías de seguridad

Existe un comité específico, WASSAC, encargado del programa de normas de seguridad en la gestión de residuos radiactivos (Programa RADWASS), que tiene su base conceptual en la Convención Conjunta sobre Seguridad en la Gestión del Combustible Gastado y sobre Seguridad en la Gestión de los Residuos Radiactivos (Losilla Peralta op Cit )

## 1 El Reglamento de transporte

El Consejo Económico y Social de las Naciones Unidas (ECOSOC), que había creado previamente un Comité de expertos en materia de transporte de mercancías peligrosas, encargado de la elaboración de recomendaciones sobre el particular, adoptó el 17 de julio de 1959 su resolución 724 C (XXVIII), por la cual confiaba al Organismo Internacional de la Energía Atómica (OIEA) la misión de elaborar recomendaciones para el transporte de materias radiactivas (Losilla Peralta su Cit )

No existe un procedimiento preestablecido para la elaboración de recomendaciones por el Organismo, pero la práctica seguida por el mismo incluye las siguientes cinco fases (Phuong (1973))

- Preparación de proyectos por el secretariado del Organismo
- Discusión de estos proyectos en reuniones de expertos, organizadas por el Organismo y que incluyen a especialistas de los Estados miembros y

de otras organizaciones internacionales, particularmente de la Agencia de Energía Nuclear de la Organización Europea de Cooperación Económica (OCDE)

- Distribución de los textos resultantes a los Estados miembros para que éstos formulen las observaciones que consideren oportunas
- Revisión de los textos por el secretariado, habida cuenta de los comentarios aportados por los Estados
- Aprobación por el Consejo de Gobernadores del Organismo

Este procedimiento fue seguido para la adopción, en 1961, del Reglamento de transporte de materias radiactivas, así como para las revisiones de 1964, 1967 y 1973. Sin embargo, pareció conveniente al Consejo de Gobernadores poner en funcionamiento un mecanismo que asegurara la introducción rápida de los cambios técnicos que pudieran ser necesarios. Por esta razón fue adoptado en 1964, con la primera reforma del Reglamento, un procedimiento simplificado para cambios menores. Este procedimiento constaba de las siguientes cuatro fases (Losilla Peralta op Cit )

- Elaboración de las propuestas de modificación por el secretariado

- Transmisión de estas propuestas a los Estados miembros, que disponen de 90 días para hacer llegar al Organismo los comentarios que consideren procedentes
- Redacción definitiva de las modificaciones por el secretariado, teniendo en cuenta los comentarios aportados por los Estados
- Aprobación por el Director General del Organismo

Hay que destacar en estos procedimientos que los Estados miembros no tienen a su disposición mecanismo alguno de negociación diplomática del Reglamento ni de sus enmiendas, puesto que se trata de actos unilaterales del Organismo, cuyo valor jurídico se verá posteriormente. Es conveniente reparar asimismo en que la competencia para la adopción del Reglamento no está atribuida al órgano plenario del Organismo, es decir la Conferencia General, sino al Consejo de Gobernadores, órgano de composición restringida cuyos miembros deben ser elegidos según las complejas reglas del artículo VI del estatuto (Losilía Peralta op Cit )

En 1978, el Organismo creó el Grupo Consultivo permanente sobre el transporte de materias radiactivas (Standing Advisory Group on the Safe Transport of Radioactive Materials, SAGSTRAM), cuya misión es emitir

dictámenes en esta materia y dirigir el proceso de revisión del reglamento, que había sido modificado, según el procedimiento simplificado, en 1975 y 1977. En 1979 comenzó el proceso de revisión que condujo a la edición del Reglamento aprobada por el Consejo de Gobernadores el 20 de septiembre de 1984, y que contó con la participación de unos 150 expertos de 22 Estados miembros y de 12 Organizaciones Internacionales.

Este proceso mostró la complejidad que presentan revisiones demasiado alejadas en el tiempo, razón por la que el Consejo recomendó que éstas tuvieran lugar cada cinco años, como máximo. Sin embargo, lo inconveniente de proceder con demasiada frecuencia a revisiones generales del reglamento condujo al Consejo a proponer un plazo mínimo de tres años entre ellas. Estos plazos máximo y mínimo permiten, por un lado, poner al día el Reglamento sin que la tarea sea excesivamente pesada ni enojosa debido a los continuos pequeños cambios, y por otro facilitar a los Estados miembros y a las Organizaciones interesadas la recepción y la puesta en marcha de dichas modificaciones.

Para asegurar la incorporación de los cambios técnicos al Reglamento, el Organismo creó un Comité de revisión, que se reúne periódicamente desde junio de 1987 y que puede adoptar modificaciones de detalle, siempre y cuando éstas no despierten controversias y no atenten contra los principios del Reglamento. Para asegurar dicha ausencia de controversias, se da difusión de las propuestas



de modificación entre los Estados miembros, y es suficiente con una oposición de fondo para que la modificación no sea aceptada. Desde la adopción del Reglamento en 1961, el Comité de expertos en materia de transporte de materias peligrosas del ECOSOC ha adoptado las prescripciones del OIEA sin modificación alguna, de tal modo que la edición de 1982 de sus recomendaciones define las sustancias radiactivas como aquéllas cuya actividad específica es superior a 0,002 microcurios por gramo, haciendo para su regulación un reenvío al Reglamento del OIEA (Losilla Peralta op Cit )

Otros textos de carácter sectorial han incorporado igualmente el contenido de este acto. Asimismo, diversos Estados han incorporado, como veremos, estas prescripciones a su ordenamiento jurídico.

#### a Elaboración

El estatuto del OIEA, adoptado el 23 de octubre de 1956 y en vigor desde el 29 de julio de 1957, fija normas de seguridad que permiten someter a un grado razonable de control los riesgos inherentes a la radiación y la criticidad, así como los riesgos térmicos, que pueden correr las personas, los bienes y el medio ambiente en relación con el transporte de materiales radiactivos. Este Reglamento se basa en los Principios Fundamentales de Seguridad, Nociones Fundamentales de Seguridad Nº SF-1, copatrocinados por la Agencia para la Energía Nuclear de la OCDE (AEN), la EURATOM, el OIEA, la Organización de

las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO), la Organización Internacional del Trabajo (OIT), la Organización Marítima Internacional (OMI), la Organización Mundial de la Salud (OMS), la Organización Panamericana de la Salud (OPS), y el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA) y en el Vol N° 115 de la Colección Seguridad, "Normas básicas internacionales de seguridad para la protección contra la radiación ionizante y para la seguridad de las fuentes de radiación", copatrocinadas por la AEN, la FAO, el OIEA, la OIT, la OMS y la OPS (Losilla Peralta op Cit )

Así, se considera que el cumplimiento del presente Reglamento se ajusta a los principios de las normas básicas de seguridad relativas al transporte La responsabilidad primordial de la seguridad debe recaer en la persona u Organización a cargo de las instalaciones y actividades que generan riesgos asociados a las radiaciones (Organismo Internacional de Energía Atómica (1997))

Esta norma de seguridad se complementa con un conjunto jerárquico de guías de seguridad, en particular, el manual explicativo para la aplicación del Reglamento del OIEA para el transporte seguro de materiales radiactivos, Colección de Normas de Seguridad del OIEA N° TS-G-1 1, Planificación y preparación de medidas de respuesta a emergencias en los accidentes de transporte que afecten a materiales radiactivos, Colección de Normas de Seguridad del OIEA N° TS-G-1 2 (ST-3), Verificación del cumplimiento para el

transporte seguro de materiales radiactivos, Colección de Normas de Seguridad del OIEA N° TS-G-15, Sistema de gestión para el transporte seguro de materiales radiactivos, Colección de Normas de Seguridad del OIEA N° TS-G-14, y Programas de protección radiológica para el transporte de materiales (Organismo Internacional de Energía Atómica op Cit )

Esto nos lleva a cuestionarnos sobre ¿Qué valor jurídico podemos deducir de esta disposición para tales normas de seguridad? Debemos distinguir los siguientes casos (Losilla Peralta op Cit )

- Las propias operaciones del Organismo, para las cuales el Reglamento y cualquier otra norma de este tipo, es obligatorio
- Las actividades desarrolladas con participación del Organismo, ya sea que se utilicen los materiales, servicios, equipo, instalaciones e información suministrados por el Organismo o a petición suya o bajo su control o dirección, para las cuales el Reglamento es, también, obligatorio
- Todos los demás casos, que quedan implícitos en el artículo 3 y 6, en los cuales dichas «normas de seguridad», entre las cuales se encuentra el Reglamento de transporte, no tienen otro valor en términos estrictamente jurídicos que el de recomendaciones. Nos hallamos ante una norma, pues, que tiene efectos obligatorios, que vincula a los Estados en

determinados casos y que en otros carece de dicha fuerza obligatoria. Pero esta carencia ¿es sinónimo de inexistencia de efectos jurídicos (Ver nota a pie de página<sup>5</sup>). En otras palabras, ¿son las obligaciones los únicos efectos jurídicos posibles de un acto de una Organización Internacional? Parece obvio que no, y podemos reconocer tres tipos de efectos en estos actos (Losilla Peralta op. Cit.):

- La obligación general de buena fe de cooperar a los fines de la Organización, de la cual se deriva, el deber de examinar de buena fe un valor de autorización.
- En la medida en que sea evidente un acuerdo de voluntades, podría deducirse una fuerza obligatoria de estos actos, (Ver nota a pie de página<sup>6</sup>) ya que dicho acuerdo puede servir como elemento de prueba de una norma consuetudinaria.

---

<sup>5</sup> Esta doble naturaleza de las disposiciones adoptadas por el OIEA fue puesta de manifiesto, entre otros, por HA-VINH PHUONG, «*The LAEA Regulations for the safe transport of radioactive materials*», en IAEA, *Nuclear law for a developing world*, Vienna 1969, p. 225; SZASZ, P.C., *The law and practices of the International Atomic Energy Agency*, Vienna 1970, p. 558, y BOULANGER, W., «Decisions and other measures taken by the International Atomic Energy Agency», en SCHWEBEL, S.M. (ed.), *The effectiveness of international decisions*, Leyden-Dobbs Ferry 1971, p. 285.

<sup>6</sup> El Derecho internacional se caracteriza, como es bien sabido, por la falta de formalismo, y por consiguiente lo que es decisivo para constatar la existencia de una norma obligatoria es la presencia de un acuerdo de voluntades, o bien de una promesa unilateral. El acuerdo de voluntades de que nos habla Paul DE VISSCHER no debe, en mi opinión, ser interpretado como asimilando dichas normas a tratados, sino expresando la *opinio iuris* de los Estados, lo que dará lugar, en su caso, a normas consuetudinarias.

En ciertos puntos del presente Reglamento, se prescribe la adopción de una medida determinada, pero la responsabilidad de tomar esa medida no se hace recaer específicamente en ninguna persona jurídica. Tal responsabilidad puede variar según las leyes y la práctica de los distintos países, y según los convenios internacionales en que sean parte esos países. A los efectos del presente Reglamento, no es necesario establecer a quién incumbe esa responsabilidad, sino únicamente especificar la medida. Es prerrogativa de cada Gobierno asignar la responsabilidad a quien corresponda. Veremos, posteriormente, cómo el Reglamento de transporte del OIEA ha sido aceptado, expresa o implícitamente, por la mayoría de los Estados implicados en el transporte de materias radiactivas, que lo han incorporado a sus regulaciones nacionales, así como por la totalidad de los acuerdos internacionales, recomendaciones o códigos de buena conducta que se refieren al transporte de materias peligrosas.

#### **b   Objetivo y alcance**

El objetivo del presente Reglamento es establecer requisitos que deben satisfacerse para garantizar la seguridad y proteger a las personas, los bienes y el medio ambiente de los efectos de las radiaciones en el transporte de materiales radiactivos. Esta protección se logra aplicando los siguientes requisitos:

- La contención del contenido radiactivo
- El control de los niveles de radiación externa
- La prevención de la criticidad
- La prevención de los daños ocasionados por el calor

Estos requisitos se satisfacen, en primer lugar, aplicando un enfoque graduado a los límites de contenido de los bultos y medios de transporte y a las normas funcionales relativas a los diseños de bultos en función del riesgo asociado con el contenido radiactivo. En segundo lugar, se satisfacen estableciendo requisitos relativos al diseño y utilización de los bultos y al mantenimiento de los embalajes, incluida la consideración de la índole del contenido radiactivo. Por último, se satisfacen aplicando controles administrativos, incluida, cuando proceda, la aprobación de las autoridades competentes (Losilla Peralta op Cit )

En el transporte de materiales radiactivos, la seguridad de las personas y la protección de los bienes y el medio ambiente quedan garantizadas si se cumple el presente Reglamento. La certeza a este respecto se logra aplicando programas de garantía de calidad y verificación del cumplimiento

Por otra parte, en cuanto al alcance, El Reglamento se aplica a todas las modalidades de transporte por vía terrestre, acuática o aérea de materiales radiactivos, incluido el transporte incidentalmente asociado al uso de materiales radiactivos. El transporte abarca todas las operaciones y condiciones relacionadas con el traslado de materiales radiactivos e inherentes al mismo, tales como el diseño, la fabricación, el mantenimiento y la reparación de embalajes, y la preparación, expedición, carga, acarreo, incluido el almacenamiento en tránsito, descarga y recepción en el destino final de cargas de materiales radiactivos y bultos. Se aplica un enfoque graduado al especificar los requisitos funcionales que señala el Reglamento, caracterizados por tres niveles generales de gravedad (Organismo Internacional de Energía Atómica (2000))

- Las condiciones de transporte rutinarias (libre de incidentes)
- Las condiciones de transporte normales (pequeños percances)
- Las condiciones de accidente durante el transporte

El presente Reglamento no se aplicará a

- Materiales radiactivos que sean parte integral del medio de transporte

- Materiales radiactivos desplazados dentro de un establecimiento que esté sujeto a reglamentos apropiados de seguridad vigentes en el establecimiento y cuyo desplazamiento no suponga utilización de vías o ferrocarriles públicos
- Materiales radiactivos implantados o incorporados en seres humanos o animales vivos con fines de diagnóstico o tratamiento
- Material radiactivo en productos de consumo que hayan recibido aprobación reglamentaria, después de su venta al usuario final
- Materiales naturales y minerales que contengan radionucleidos naturales que estén en su estado natural o que sólo se hayan tratado con fines distintos de la extracción de los radionucleidos, y que no esté previsto tratar para utilizar dichos radionucleidos, siempre que la concentración de actividad de los materiales no supere en más de 10 veces los valores especificados
- Objetos sólidos no radiactivos con sustancias radiactivas presentes en cualquier superficie en cantidades que no excedan de los niveles definidos



El presente Reglamento no especifica controles relativos al itinerario o a la protección física que puedan instituirse por razones distintas de la seguridad radiológica. Cuando se impongan tales controles, se tendrán en cuenta los riesgos radiológicos y no radiológicos, sin desvirtuar las normas de seguridad que el presente Reglamento tiene por objeto fijar (Organismo Internacional de Energía Atómica su Cit )

Se deberían adoptar medidas para garantizar que los materiales radiactivos se mantienen en condiciones de seguridad durante el transporte a fin de evitar el robo o cualquier daño, y para asegurar que no se cede de forma inadecuada el control sobre los materiales. En el caso de materiales radiactivos que entrañen riesgos secundarios y en el del transporte de materiales radiactivos con otras mercancías peligrosas, se aplicarán los reglamentos pertinentes relativos al transporte de mercancías peligrosas, además del presente Reglamento (Organismo Internacional de Energía Atómica su Cit )

#### c Disposiciones principales

Para hacer frente a los peligros de los que hemos hablado al principio, el Reglamento del OIEA prevé un cierto número de medidas que podemos dividir en medidas técnicas y administrativas (Losilla Peralta op Cit )

### c 1 Medidas técnicas

A Los embalajes y su marcación Esta materia está regulada por una serie de prescripciones técnicas, debiendo distinguir cuatro tipos de embalajes (Losilla Peralta op Cit )

- **Embalajes industriales** Pueden transportar materias de actividad específica débil Deben cumplir, con las condiciones de etiquetado y de control de la contaminación de superficie, con las de limitación de cantidad y de carga completa, es decir reservando al expedidor un derecho de control especial sobre los paquetes Además, esta condición de carga completa debe figurar en la superficie de los paquetes
- **Embalajes de tipo A** Deben ser inalterables en caso de accidente grave, para lo cual deben ser sometidos a determinadas pruebas Asimismo deben ser identificados como tales en la superficie
- **Embalajes de tipo B** Deben ser inalterables en caso de accidente grave, y requieren pruebas más rigurosas que los anteriores Deben llevar en la superficie la mención tipo B (U) o tipo B (M), según que su aprobación deba ser unilateral o multilateral

- **Embalajes de clase fisible** Su finalidad principal es asegurar la estabilidad de las materias fisibles, impidiendo la reacción en cadena. Pueden ser de tres clases: la I es la más segura, debido a la presencia de elementos absorbentes de neutrones, la II exige para mantener la seguridad que el número de paquetes sea limitado, y la III exige, además, verificaciones y controles durante el transporte.

**B El etiquetado** Existen tres clases de etiquetas que deberán figurar sobre los paquetes que contengan materias radiactivas, dependiendo cuál sea la adecuada de la intensidad máxima de la radiación en la superficie del paquete y a cierta distancia de éste. Los vehículos que transporten estas mercancías deberán asimismo estar identificados por la etiqueta correspondiente (Losilla Peralta op Cit )

**C Prescripciones relativas a las operaciones de transporte**

- **Prescripciones comunes a todos los medios de transporte** La irradiación no debe sobrepasar los límites preestablecidos, los paquetes que contengan materias radiactivas no deben ser colocados cerca de otras materias peligrosas que puedan deteriorar los embalajes, cada paquete tiene un índice de transporte proporcional a la intensidad de su radiación, de modo que, salvo en el caso de los transportes marítimos, el índice total de transporte por vehículo, barco de navegación interior o

aeronave no debe ser superior a cincuenta, los paquetes deben estar separados de las personas y del material fotográfico por distancias que fija el Reglamento, y que están en función del índice de transporte

- **Prescripciones acerca de medios determinados de transporte** Los paquetes que exijan verificaciones durante el transporte no deben ser transportados por vía aérea, en los transportes por carretera y por vía férrea existe normas específicas relativas a la intensidad de la radiación en la superficie de los paquetes, en todos los lugares de vehículo y a dos metros de su superficie exterior, en el transporte marítimo, el índice de transporte por vehículo no debe ser superior a doscientos, y además los bultos deben estar distribuidos en grupos cuyo índice no sea superior a 50, habiendo entre ellos una distancia mínima de seis metros

## c 2 Medidas administrativas

Además de las medidas enumeradas hasta ahora, otras puramente administrativas vienen a asegurar el cumplimiento de las condiciones técnicas. Se trata de medidas que podrían ser calificadas como secundarias, pero cuya importancia queda fuera de toda duda (Losilla Peralta op Cit ) Dichas medidas, que vinculan al expedidor, son

- Obligación de extender un certificado de conformidad del envío a las prescripciones técnicas
- Dotar al transportista de los documentos de transporte correspondientes, que contengan los detalles del envío de la información técnica que pudiere ser necesaria
- Notificar el envío a las autoridades de los países interesados

## 2 El Código de Práctica sobre el Movimiento Transfronterizo Internacional de Desechos Radiactivos

Se comprobó que no existía Código, guía o Convenio alguno sobre el movimiento internacional transfronterizo de desechos radiactivos. En cambio, desde hacía algún tiempo, se venían realizando considerables esfuerzos a nivel internacional a fin de establecer normas y procedimientos para el movimiento internacional de desechos químicos e industriales y de otros desechos peligrosos (Organismo Internacional de Energía Atómica (1990))

En 1983, en respuesta a un accidente de graves consecuencias ambientales ocurrido en una industria de productos químicos (de Seveso, Italia), tanto la Agencia para la Energía Nuclear de la Organización de Cooperación y

Desarrollo Económicos (OCDE) como la Comisión de las Comunidades Europeas (CCE) elaboraron textos para crear lo que podría convertirse en el futuro en un "sistema internacional" para el control eficaz de los movimientos transfronterizos de desechos peligrosos. En ambos casos, en el alcance del instrumento (Proyecto de acuerdo internacional de la OCDE sobre el control del movimiento transfronterizo de desechos peligrosos y directriz de la CE) se excluían concretamente los desechos radiactivos (Organismo Internacional de Energía Atómica op Cit )

Se dio prioridad a la iniciativa del Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA) de 1987, relativa a un "Convenio mundial sobre el control de los movimientos transfronterizos de desechos peligrosos", basado, hasta cierto punto, en el proyecto de la OCDE, pero con alcance universal. La CCE aprobó una directriz sobre el movimiento de desechos peligrosos, la OCDE no prosiguió su labor por separado. El Convenio Mundial, elaborado bajo los auspicios del PNUMA, se firmó el 22 de marzo de 1989 en Basilea. Los desechos radiactivos están excluidos específicamente del alcance del Convenio (Organismo Internacional de Energía Atómica su Cit )

En una resolución de la Conferencia de Plenipotenciarios convocada por el PNUMA, el Convenio se señaló a la atención del OIEA con objeto de garantizar que se tuviesen sus disposiciones al elaborar el Código de Práctica

del OIEA que rige las actividades relacionadas con desechos radiactivos (Organismo Internacional de Energía Atómica op Cit )

#### a Elaboración

La Conferencia General del OIEA, en su trigésima segunda reunión ordinaria de septiembre de 1988, aprobó por consenso una resolución patrocinada por el Grupo africano titulada "Vertimiento de desechos nucleares" En ella se pedía al Director General del Organismo que "establezca un grupo técnico de trabajo representativo compuesto por expertos con el objetivo de elaborar un Código de práctica internacionalmente acordado para las transacciones internacionales relacionadas con desechos nucleares, basado, entre otras cosas, en un examen de las actuales legislaciones y Reglamentos nacionales e internacionales sobre la evacuación de desechos" Se pedía asimismo a "todos los Estados miembros que adopten las medidas necesarias para asegurar que sus transacciones internacionales de desechos nucleares se atengan a los requisitos adecuados de los Estados exportadores, importadores y de tránsito"(Organismo Internacional de Energía Atómica op Cit )

De conformidad con la resolución de la Conferencia General, el Director General del OIEA estableció un grupo internacional compuesto por expertos de 20 Estados miembros, designados por sus Gobiernos, a quienes se encomendó

la tarea de elaborar con urgencia un Código de práctica que cumpliera el objetivo fijado por la Conferencia General

El grupo de expertos, que convocó su primera reunión en mayo de 1989, estuvo integrado por unos 20 especialistas jurídicos, jefes y representantes de oficinas nacionales para la protección radiológica y la gestión de desechos radiactivos, autoridades de reglamentación nuclear y asesores en cuestiones nucleares de misiones diplomáticas. Estuvieron representados veinte países con programas nucleares y sistemas jurídicos distintos, así como la Comisión de las Comunidades Europeas (CCE), la Agencia para la Energía Nuclear de la Organización de Cooperación y Desarrollo Económicos (AEN/OCDE), el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA) y la Organización Marítima Internacional (OMI). El Código de Práctica sobre movimientos transfronterizos de desechos radiactivos fue aprobado en septiembre de 1990 por la Conferencia General del OIEA en su trigésima cuarta reunión ordinaria (GC (XXXIV)/RES/530) (Organismo Internacional de Energía Atómica op Cit )

#### **b Objetivo y alcance**

Se trata de un documento conciso, limitado a principios básicos y se aplica concretamente al movimiento internacional de desechos radiactivos. Este tipo de desechos se define como "cualquier material que contenga o esté



contaminado por radionucleidos cuyas concentraciones o niveles de radiactividad rebasen las 'cantidades exentas' fijadas por las autoridades competentes, y para el que no se prevé aplicación alguna" El fin de este Código es asesorar y su objetivo es que "sirva como directriz a los Estados para, entre otras cosas, la elaboración y armonización de políticas y legislación sobre el movimiento internacional transfronterizo de desechos radiactivos"(Organismo Internacional de Energía Atómica op Cit )

El Código está en consonancia con los principios y normas pertinentes del derecho internacional y se basa en las normas internacionales vigentes para el transporte seguro de materiales radiactivos y la protección física de los materiales nucleares, las normas de seguridad nuclear y protección radiológica básica y la gestión de desechos radiactivos En esencia, el Código se basa en el conjunto de reglamentos, normas de seguridad y reglas actuales que en su mayor parte han sido elaborados por el Organismo y aprobados por consenso, y a los cuales se han adherido los Estados miembros (Organismo Internacional de Energía Atómica su Cit )

#### c Disposiciones principales

##### c 1 Principio de seguridad

El primer principio enunciado en el Código es que cada Estado debería tener la certeza de que los desechos radiactivos dentro de su territorio se

gestionan y evacúan con seguridad, para garantizar la protección de la salud humana y del medio ambiente. En los movimientos internacionales transfronterizos, cada Estado debería garantizar que dichos movimientos se realicen de modo que se cumplan las normas internacionales de seguridad.

En resumen, los desechos radiactivos sólo deberían transportarse de un sistema de control hacia otro. En armonía con este principio, el Código dispone que si una transferencia no puede llevarse a cabo de conformidad con el Código, y no puede concertarse un arreglo alternativo seguro, debiera permitirse que el desecho radiactivo previamente transferido sea readmitido en su lugar de origen. La responsabilidad primordial recae sobre el Estado exportador (Organismo Internacional de Energía Atómica su Cit.)

## c 2 Consentimiento

El Código recuerda el principio de que es derecho soberano de cada Estado prohibir los movimientos de desechos radiactivos hacia, a través o a partir de su territorio. El Código dispone que los movimientos internacionales transfronterizos de desechos radiactivos debieran tener lugar únicamente con notificación y consentimiento previos de los Estados exportadores, importadores y de tránsito.

### **c 3 Estructura reglamentaria**

El movimiento de desechos radiactivos exige controles estrictos. Cada Estado importador, exportador o de tránsito que intervenga en los movimientos internacionales transfronterizos de desechos radiactivos, debería contar con una autoridad reglamentaria y adoptar los procedimientos, la legislación y las reglamentaciones que sean necesarios para controlar dichos movimientos. Los Estados deberían asimismo introducir en su legislación disposiciones en cuanto a responsabilidad e indemnización por daños que puedan derivarse de los movimientos internacionales de desechos.

### **c 4 Capacidad Técnica**

Para la importación de desechos radiactivos es indispensable disponer de la capacidad técnica y administrativa y la estructura reglamentaria adecuadas. El Código estipula este principio tanto para el Estado importador como para el exportador antes de que se acuerde cualquier movimiento de desechos radiactivos (Organismo Internacional de Energía Atómica op. Cit.)

### **c 5 Cooperación internacional**

Los Estados deberían cooperar a nivel bilateral, regional e internacional con el fin de evitar cualquier movimiento internacional transfronterizo de desechos radiactivos que no satisfaga el Código.

El OIEA debería continuar proporcionando asesoramiento y asistencia sobre todos los aspectos de la gestión y evacuación de desechos radiactivos, teniendo especialmente en cuenta las necesidades de los países en desarrollo. En muchos países donde no existía una legislación concreta sobre el movimiento de desechos radiactivos, fue posible adoptar el Código gracias a la existencia de una red reconocida de reglamentos y normas del OIEA aprobados y suscritos por la comunidad internacional. La aprobación del Código también fue posible dada la voluntad política de los Estados miembros de cooperar para detener el tráfico ilícito (Organismo Internacional de Energía Atómica su Cit.)

El Código de Práctica suscrito voluntariamente por los Estados miembros del Organismo constituye hoy otro elemento del "orden internacional de la energía nuclear" que contiene principios y normas con fuerza obligatoria y no obligatoria (Blix (1989))

La decisión del Organismo de optar en esta etapa por un Código y no por un Convenio (aunque dejando abierta la posibilidad de trabajar en el futuro en la elaboración de un acuerdo jurídicamente obligatorio) estuvo motivada por varias razones, en primer lugar, numerosos Estados, en particular países en desarrollo, no disponen aun de legislaciones nacionales sobre el particular, en segundo lugar, el largo proceso que entraña la concertación de un Convenio no habría permitido la rápida acción esperada por los Estados Miembros, y, en tercer lugar, la experiencia del Organismo ha demostrado que los Códigos que reflejan

verdadero consenso son también mecanismos eficaces para reglamentar la práctica de los Estados, aunque no sean jurídicamente obligatorios (Organismo Internacional de Energía Atómica op Cit )

## **B Reglamentación técnica del transporte por mar de material y residuos radiactivos**

Como ya hemos anticipado, todos los instrumentos internacionales sobre el transporte de materias peligrosas siguen, en lo referente a las materias radiactivas, las prescripciones del reglamento del OIEA. Dicho lo cual, vamos a ceñirnos estrictamente a las Normas que regulan el transporte de materiales radiactivos por mar

1 El Código internacional para la seguridad del transporte de combustible nuclear irradiado, plutonio y desechos de alta actividad en bultos a bordo de los buques (CNI)

### **a Elaboración**

El Código internacional para la seguridad del transporte de combustible nuclear irradiado, plutonio y desechos de alta actividad en bultos a bordo de los buques (Código CNI) se aprobó mediante la resolución MSC 88(71) del 27 de mayo de 1999 después de que el Comité de Seguridad Marítima de la Organización Marítima Internacional (OMI), hubiera examinado resoluciones anteriores, a saber, la resolución A 748(18), (Código para la seguridad del

transporte de combustible nuclear irradiado, plutonio y desechos de alta actividad en cofres a bordo de los buques (Código CNI), la resolución A 790(19), (Revisión del Código CNI), la resolución A 853(20), (Enmiendas al Código CNI)" y la resolución A 854(20), (Directrices relativas a la elaboración de planes de emergencia de a bordo para los buques que transporten materiales a los que se aplica el Código CNI) (Organización Marítima Internacional (2009))

#### **b     Objetivo y ámbito de aplicación**

El Código internacional es obligatorio en virtud del Convenio SOLAS 1974 y entró en vigor el 1 de enero de 2001, y establece requisitos para el diseño y construcción de barcos para el transporte de material radioactivo. A los efectos del presente Código, los buques que transporten carga de CNI pertenecerán a una de las tres clases siguientes, en función de la actividad total de la carga de CNI que lleven a bordo (Organización Marítima Internacional (2009))

- Buques de Clase CNI - 1 - buques que tienen un certificado para transportar carga de CNI con una actividad total inferior a 4 000 TBq
- Buques de Clase CNI - 2 - buques que tienen un certificado para transportar combustible nuclear irradiado o desechos de alta actividad con una actividad total inferior a  $2 \times 10^6$  TBq y buques que tienen un

certificado para transportar plutonio con una actividad total inferior a  $2 \times 10^5 \text{TBq}$

- Buques de Clase CNI - 3 - buques que tienen un certificado para transportar combustible nuclear irradiado o desechos de alta actividad y buques que tienen un certificado para transportar plutonio sin límite en cuanto a la actividad total de los materiales

Además de las prescripciones del presente Código, se aplicarán al transporte de carga de CNI las disposiciones del Código IMDG. La carga de CNI que deba llevarse en buques de clase CNI 3 no podrá transportarse en buques de pasaje (Organización Marítima Internacional (2009))

#### c Disposiciones principales

##### c 1 Reconocimiento y certificación

Antes de que se lleve a cabo el transporte de carga de CNI, el buque previsto a tal efecto será objeto de un reconocimiento inicial que comprenderá un examen completo de la estructura, el equipo, los accesorios, las instalaciones y los materiales del buque en la medida en que a éste le sea aplicable el Código

Tras el reconocimiento inicial prescrito en, la Administración, o una organización reconocida por ella de conformidad con lo dispuesto en la regla I/6 del Convenio SOLAS, expedirán un certificado internacional de aptitud para el transporte de carga de CNI

Un buque que tenga un certificado para el transporte de carga de CNI será objeto de inspecciones y reconocimientos con arreglo a las disposiciones aplicables del capítulo I del Convenio SOLAS, a fin de garantizar que la estructura, el equipo, los accesorios, las instalaciones y los materiales se ajustan a las disposiciones del presente Código

El certificado internacional de aptitud para el transporte de carga de CNI dejará de ser válido si el reconocimiento citado supra no se ha llevado a cabo o indica que el buque no cumple las disposiciones del presente Código, o cuando haya vencido un certificado de ese buque señalado en el Convenio

## **c 2 Estabilidad con avería**

La estabilidad con avería de los buques de Clase CNI 1 habrá de ser satisfactoria a juicio de la Administración. Todo buque de Clase CNI 2, si ha sido construido con arreglo a las normas aplicables a los buques de pasaje, cumplirá las prescripciones relativas a estabilidad con avería de la Parte B del capítulo II-1



del Convenio SOLAS o si ha sido construido con arreglo a las normas aplicables a los buques de carga, cumplirá las prescripciones relativas a estabilidad con avería de la parte B-1 del capítulo II-1 del Convenio SOLAS, sea cual fuere su eslora

Por otra parte, todo buque de Clase CNI 3, cumplirá, en lo que respecta a la aptitud para conservar la flotabilidad y a la ubicación de los tanques de carga, las prescripciones relativas a estabilidad con avería para los buques de Tipo 1 del capítulo 2 del Código internacional para la construcción y el equipo de buques que transporten productos químicos peligrosos a granel (Código CIQ) o sea cual fuese su eslora, cumplirá las prescripciones relativas a estabilidad con avería de la parte B-1 del capítulo II-1 del Convenio SOLAS

### c 3 Medidas de seguridad contra incendios

Las medidas de seguridad contra incendios en los buques de Clase CNI 1 habrán de ser satisfactorias a juicio de la Administración. Los buques de las Clases CNI 2 y 3, independientemente de su tamaño, llevarán instalados los siguientes sistemas y equipo (Organización Marítima Internacional (2009))

- Un sistema de extinción de incendios a base de agua que se ajuste a lo prescrito en la regla II-2/4 del Convenio SOLAS,

- Medios fijos de extinción de incendios en los espacios de categoría A para máquinas, según se definen éstos en la regla II-2/3 19 del Convenio SOLAS, que se ajusten a lo prescrito en la regla II-2/7 del Convenio SOLAS,
- Medios fijos de enfriamiento de los espacios de carga que se ajusten a lo prescrito en la regla II-2/54 2 1 3 del Convenio SOLAS, y
- Un sistema fijo de detección de incendios y de alarma contra incendios que proteja los espacios de máquinas, de alojamiento y de servicio, y que se ajuste a lo prescrito en la regla II-2/13 del Convenio SOLAS

En los buques de Clase CNI 3, los espacios de alojamiento, los espacios de servicio, los puestos de control y los espacios de categoría A para máquinas se instalarán a proa o a popa de los espacios de carga, teniendo en cuenta la seguridad general del buque

#### c 4 Regulación de la temperatura de los espacios de carga

En los buques de las Clases CNI - 1, 2 y 3 (Organización Marítima Internacional (2009))

- Se proveerá ventilación o refrigeración adecuada en los espacios de carga cerrados, de manera que la temperatura ambiente en dichos espacios no exceda de 55 C en ningún momento,
- Los sistemas de ventilación o refrigeración de los espacios de carga destinados al transporte de carga de CNI serán independientes de los que presten servicio a otros espacios, y
- Los dispositivos que sean esenciales para el funcionamiento, como ventiladores, compresores, permutadores térmicos y suministro de agua de refrigeración, se instalarán por duplicado para cada espacio de carga y habrá las piezas de repuesto que sean necesarias a juicio de la Administración

#### c 5 Consideraciones estructurales

La resistencia estructural de las zonas de cubierta y de los medios de soporte será suficiente para la carga que deba soportarse

#### c 6 Medios de sujeción de la carga

Se instalarán dispositivos permanentes de sujeción adecuados para evitar el movimiento de los bultos en los espacios de carga. Al proyectar dichos

dispositivos permanentes, se tendrán en cuenta la orientación de los bultos y las aceleraciones del buque

Además, cuando se transporten bultos en la cubierta expuesta o en una cubierta para vehículos, esos bultos se sujetarán de conformidad con los principios relativos a la estiba y sujeción seguras de cargas pesadas unitarizadas o sobre ruedas (cargas rodadas) aprobados por la Administración, sobre la base de las directrices elaboradas por la Organización

Cuando se utilicen calzos de colisión, se dispondrán de modo que no estorben ni impidan el paso del aire de refrigeración que pueda ser necesario con arreglo a lo dispuesto para la regulación de la temperatura de los espacios de carga

#### **c 7 Suministro de energía eléctrica**

El suministro de energía eléctrica en los buques de Clase CNI 1 habrá de ser satisfactorio a juicio de la Administración. En los buques de las Clases CNI 2 y 3, se establece lo siguiente

- Se instalará una segunda fuente de energía eléctrica que cumpla lo prescrito en las normas internacionales que la Organización considere

aceptables, de manera que una avería en la fuente principal no afecte a esa segunda fuente

- La energía suministrada por la segunda fuente será suficiente para alimentar, durante al menos 36 horas, al equipo disponible para los medios de refrigeración e inundación a que se hace referencia en este Código, y todos los servicios de emergencia prescritos en el Convenio SOLAS

#### c 8 Equipo de protección radiológica

En función de las características de la carga de CNI que vaya a transportarse y atendiendo al proyecto del buque, se proveerán, si es necesario, los medios o el equipo adicionales de protección radiológica que sean necesarios a juicio de la Administración

#### c 9 Gestión y formación

La gestión y la formación en lo que respecta a los buques que transportan carga de CNI habrán de ser satisfactorias a juicio de la Administración, teniendo en cuenta la evolución de esta cuestión en la Organización

### c 10 Plan de emergencia de a bordo

Todo buque que transporte una carga de CNI llevará a bordo un plan de emergencia de a bordo. Dicho plan deberá ser aprobado por la Administración sobre la base de las Directrices elaboradas por la Organización Marítima Internacional (OMI) y estará redactado en uno o varios idiomas de trabajo que el capitán y los oficiales entiendan. El plan contendrá como mínimo

- El procedimiento que deben seguir el capitán o las personas al mando del buque para informar de un suceso relacionado con una carga de CNI, de conformidad con lo prescrito en el capítulo 11 del Código SOLAS (Medidas especiales para incrementar la seguridad y la protección marítimas)
- La lista de autoridades o personas con las que hay que ponerse en contacto en caso de un suceso relacionado con una carga de CNI
- Una descripción detallada de las medidas que han de tomar inmediatamente las personas que se encuentren a bordo para evitar, reducir o contener la emisión, y mitigar las consecuencias de la pérdida de carga de CNI a raíz de un suceso

- Los procedimientos y puntos de contacto a bordo del buque para coordinar las medidas de intervención con las autoridades nacionales y locales

Si en otros instrumentos internacionales se exige que el buque lleve un plan de emergencia de a bordo, los distintos planes podrán combinarse en uno solo, que se denominará "Plan de emergencia marina de a bordo"

#### **c 11      Notificación en caso de suceso relacionado con carga de CNI**

Las prescripciones sobre notificación estipuladas en la regla VII/7-1 del Convenio SOLAS, se aplicarán tanto a los casos de pérdida efectiva o probable de carga de CNI por la borda, como a cualquier suceso que entrañe la emisión efectiva o probable de carga de CNI, independientemente de la razón de dicha pérdida o emisión, incluso si es para garantizar la seguridad del buque o salvar vidas humanas en el mar

La notificación se efectuará también cuando la avería o el fallo sufrido por un buque que transporte carga de CNI

- Afecte a la seguridad del buque, incluidos, sin que la enumeración sea exhaustiva, los casos de abordaje, varada, incendio, explosión, fallo estructural, inundación y corrimiento de la carga

- Menoscabe la seguridad de la navegación, incluidos los fallos o averías del aparato de gobierno, el sistema de propulsión, el sistema de generadores eléctricos y las ayudas náuticas esenciales de a bordo

## 2 El Código internacional para el transporte de mercancías peligrosas en bultos a bordo de los buques (IMDG)

### a Elaboración

En numerosos países marítimos se han tomado medidas, a lo largo de los años, para reglamentar el transporte de mercancías peligrosas por mar. Ahora bien, los diversos Reglamentos, Códigos y prácticas resultantes diferían entre sí, tanto en su estructura como en lo relacionado sobre todo con la identificación y el etiquetado de tales mercancías. Tanto la terminología utilizada como las disposiciones relativas al embalaje y envasado y la estiba variaban de un país a otro, y esa disparidad creó dificultades para todos aquellos directa o indirectamente interesados en el transporte marítimo de mercancías peligrosas.

La necesidad de una reglamentación internacional para el transporte marítimo de mercancías peligrosas fue reconocida por la Conferencia internacional sobre seguridad de la vida humana en el mar (SOLAS) celebrada en 1929, la cual recomendó dar aplicación con carácter internacional, a las reglas relativas a dicho transporte. La Conferencia de 1948 sobre el Convenio



SOLAS adoptó una clasificación de mercancías peligrosas y ciertas disposiciones generales referentes a su transporte en buques. Recomendó igualmente esa misma Conferencia, que se siguiera estudiando la cuestión con miras a consolidar la elaboración de un conjunto de reglas internacionales.

Mientras tanto, el Consejo Económico y Social de las Naciones Unidas había designado un Comité Especial de Expertos de las Naciones Unidas en Transporte de Mercaderías Peligrosas (Comité de Expertos de las Naciones Unidas), que había estado examinando activamente la vertiente internacional de la cuestión del transporte de mercancías peligrosas por todos los modos de transporte. Dicho Comité ultimó en 1956 un informe relativo a la clasificación, la enumeración y el etiquetado de las mercancías peligrosas, así como a los documentos necesarios para el transporte de dichas mercancías. Ese informe, con sus modificaciones subsiguientes, constituyó el marco general en el que podían armonizarse los Reglamentos existentes y dentro del cual se los podía completar, siendo el propósito final unificar a escala mundial las reglas aplicables en el transporte marítimo de mercancías peligrosas y en los demás modos de transporte.

En una nueva etapa para satisfacer la necesidad de establecer normas internacionales aplicables al transporte de mercancías peligrosas en buques, la Conferencia de 1960 sobre el Convenio SOLAS, además de introducir un marco general de disposiciones en el capítulo VII de dicho Convenio, invitó a la OMI,

mediante su Recomendación 56, a que examinase la cuestión con miras a establecer un Código internacional unificado para el transporte por mar de mercancías peligrosas. Ese examen debía efectuarse en cooperación con el Comité de Expertos de las Naciones Unidas y en el mismo había que tener en cuenta las prácticas y los procedimientos marítimos existentes.

La Conferencia recomendó además que el Código unificado fuese elaborado por la OMI y que fuera adoptado por los Gobiernos Partes en la Convención internacional para la seguridad de la vida humana en el mar, 1960.

Para dar cumplimiento a la Recomendación 56 de la Conferencia, el Comité de Seguridad Marítima (MSC) de la OMI instituyó un grupo de trabajo integrado por representantes de países con gran experiencia en el transporte marítimo de mercancías peligrosas. El Grupo de trabajo procedió luego al minucioso estudio de anteproyectos para cada clase de sustancias, materias y objetos, teniendo cabalmente en cuenta las prácticas y los procedimientos seguidos en diversos países marítimos a fin de que el Código resultara aceptable para el mayor número posible de países. El nuevo Código marítimo internacional de mercancías peligrosas (Código IMDG) fue aprobado por el MSC, y en 1965, la Asamblea de la OMI recomendó a los Gobiernos que lo adoptasen.

Todas las sustancias y todos los objetos y materiales adscritos a diferentes clases en sus correspondientes fichas y todas las recomendaciones

complementarias preparadas por el Comité de Expertos de las Naciones Unidas fueron examinados periódicamente por el MSC y sus órganos auxiliares para su inclusión en el Código IMDG, introduciendo las modificaciones pertinentes para el modo marítimo

Las cuestiones de la exclusión de mercancías que no son de hecho objeto de transporte marítimo, de la inclusión de otras mercancías y de la transferencia de mercancías de una clase a otra, según proceda, de las prescripciones adecuadas relativas a embalaje/envasado, marcado, etiquetado y rotulación, documentación y transporte en cisternas portátiles, se han resuelto en consulta continua con ese Comité de Expertos de las Naciones Unidas

A fin de mantener actualizado el Código desde el aspecto operacional del transporte marítimo, será preciso que el MSC continúe tomando en consideración la evolución de la tecnología, así como las modificaciones que se introduzcan en las clasificaciones de los productos químicos y las disposiciones conexas sobre la expedición que tengan un interés fundamental para el expedidor/cargador, que provengan del Comité de Expertos de las Naciones Unidas. Las enmiendas a la Reglamentación Modelo de las Naciones Unidas, que se espera que continúen introduciéndose cada dos años, constituirán la base de la mayor parte de la actualización del Código IMDG, cuya periodicidad será también de dos años. El Comité de Expertos de las Naciones Unidas y el MSC deberán tener debidamente en cuenta las implicaciones futuras para el

transporte -y en particular para el transporte marítimo- que se deriven de la aceptación por parte de la Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Desarrollo Económico (CNUMAD) de los criterios comunes para la clasificación de los productos químicos en relación con todos los efectos para la vida humana, basándose en un sistema mundialmente armonizado (GHS)

El asesoramiento sobre los procedimientos de emergencia y sobre el tratamiento inicial de pacientes afectados por intoxicación de productos químicos y sobre el diagnóstico, que puede utilizarse junto con el Código IMDG, se publica por separado en la "Guía sobre las fichas de emergencia procedimientos de emergencia para buques que transporten mercancías peligrosas)" (véase la circular MSC/Circ 1025) y en la "Guía de primeros auxilios para uso en caso de accidentes relacionados con mercancías peligrosas" (véanse la circular MSC/Circ 857 y DSC 3/15/Add 2), respectivamente

Asimismo, con arreglo a lo dispuesto en la parte D del capítulo VII del Convenio SOLAS, todo buque que transporte carga de CNI, según se define en VII/14 2 de dicho Convenio, habrá de cumplir las prescripciones del Código internacional para la seguridad del transporte de combustible nuclear irradiado, plutonio y desechos de alta actividad en bultos a bordo de los buques (Código CNI)

**b Objetivo y ámbito de aplicación**

El transporte marítimo de mercancías peligrosas está reglamentado con miras a evitar, en la medida de lo posible, lesiones a personas o daños al buque y a su carga. El transporte de contaminantes del mar está reglamentado fundamentalmente con miras a evitar daños para el medio marino. El objetivo del Código IMDG es fomentar el transporte sin riesgos de mercancías peligrosas y al mismo tiempo facilitar el movimiento libre y sin trabas de tales mercancías, en general y establecer las disposiciones que deben satisfacerse para garantizar la seguridad y proteger a las personas, los bienes y el medio ambiente de los efectos de las radiaciones durante el transporte de materiales radiactivos, en particular. Esta protección se logra aplicando los siguientes requisitos:

- contención del contenido radiactivo
- control de los niveles de radiación externa
- prevención de la criticidad
- prevención de los daños ocasionados por el calor

Estos requisitos se satisfacen, en primer lugar, aplicando un enfoque graduado a los límites del contenido de los bultos y medios de transporte y a las normas de rendimiento relativas a los diseños de bultos, en función del riesgo del contenido radiactivo

En segundo lugar, se satisfacen imponiendo requisitos relativos al diseño y utilización de los bultos y al mantenimiento de los embalajes/envases, incluida la consideración de la índole del contenido radiactivo. Por último, se satisface aplicando controles administrativos, incluida, cuando proceda, la aprobación de la autoridades competentes

Por otro lado, las disposiciones que figuran en el presente Código son aplicables a todos los buques regidos por el Convenio internacional para la seguridad de la vida humana en el mar, 1974 (SOLAS 1974), enmendado, que transporten mercancías peligrosas, según se definen éstas en la regla 1 de la parte A del capítulo VII de ese Convenio. Salvo disposición expresa en otro sentido, la presente código es aplicable al transporte de las mercancías peligrosas en bultos en todos los buques regidos por las presentes reglas y en los buques de carga de arqueo bruto inferior a 500. En la regla II-2/19 del Convenio SOLAS, enmendado, se estipulan las prescripciones específicas para un buque destinado al transporte de mercancías peligrosas cuya quilla haya sido colocada, o cuya construcción se halle en una fase equivalente, el 1 de julio de 2002 o posteriormente

El Convenio internacional para prevenir la contaminación por los buques, 1973, modificado por el Protocolo de 1978 (Convenio MARPOL) trata de diversos aspectos de la prevención de la contaminación del mar por derrame de hidrocarburos y contiene, en su Anexo III denominado reglas para prevenir la contaminación por sustancias perjudiciales transportadas por mar en bultos, establece disposiciones obligatorias para prevenir dicha contaminación por estas sustancias perjudiciales transportadas por mar en bultos

En virtud de la regla 1 2), el transporte de sustancias perjudiciales en buques está prohibido a menos que se efectúe de conformidad con las disposiciones del Anexo III, disposiciones que también amplía el Código IMDG

Las disposiciones de la presente parte no son aplicables a las provisiones ni al equipo de a bordo. El transporte de mercancías peligrosas en bultos está prohibido a menos que se efectúe de conformidad con las disposiciones de la presente parte. Como complemento de las disposiciones de la presente parte, cada Gobierno Contratante publicará o hará publicar instrucciones detalladas sobre medidas de emergencia y primeros auxilios para los sucesos en que intervengan mercancías peligrosas en bultos, teniendo en cuenta las orientaciones elaboradas por la Organización

En todos los documentos relativos al transporte marítimo de mercancías peligrosas en bultos, dichas mercancías serán designadas por su nombre de expedición correcto (no se admitirán sólo nombres comerciales) y estarán debidamente descritas de acuerdo con la clasificación establecida en el Código IMDG

Entre los documentos de transporte preparados por el expedidor figurará, ya incluida en ellos, ya acompañándolos, una certificación o declaración firmada que haga constar que la remesa que se presenta para el transporte ha sido adecuadamente embalada/envasada, marcada, etiquetada o rotulada, según proceda, y se halla en condiciones de ser transportada

Todo buque que transporte mercancías peligrosas en bultos llevará una lista o un manifiesto especial que, ajustándose a la clasificación establecida en el Código IMDG, indique las mercancías peligrosas embarcadas y su emplazamiento a bordo. En lugar de tal lista o manifiesto especial cabrá utilizar un plano detallado de estiba que especifique por clases todas las mercancías peligrosas embarcadas y su emplazamiento a bordo. Antes de la partida se entregará una copia de uno de estos documentos a la persona o a la organización designada por la autoridad del Estado rector del puerto.

De conformidad con las Disposiciones para formular los informes sobre sucesos relacionados con sustancias perjudiciales (Protocolo I del Convenio



MARPOL), los sucesos que entrañen la pérdida de tales sustancias desde un buque deben ser notificados por el capitán u otra persona a cuyo cargo esté el buque afectado. El Código IMDG, adoptado mediante la resolución A 716(17) y modificado mediante las Enmiendas 27 a 30, se recomendó a los Gobiernos para que lo adoptaran o lo tomaran como base de sus reglamentaciones nacionales para dar cumplimiento a las obligaciones que les imponen la regla VII/1 4 del Convenio SOLAS 1974, enmendado, y la regla 1 3) del Anexo III del Convenio MARPOL.

El Código IMDG, en su forma enmendada, adquirió carácter obligatorio el 1 de enero de 2004 en virtud del Convenio SOLAS 1974, no obstante, algunas de sus partes continúan teniendo carácter de recomendación. Con la observancia del Código se armonizan las prácticas y los procedimientos adoptados para el transporte de mercancías peligrosas por mar, y se garantiza el cumplimiento de las disposiciones obligatorias del Convenio SOLAS y del Anexo III del Convenio MARPOL.

#### c Disposiciones principales

Las disposiciones del presente Código fijan las normas de seguridad que permiten someter a un grado razonable de control los riesgos inherentes a la radiación y la criticidad, así como los riesgos térmicos, que puedan correr las

personas, los bienes y el medio ambiente en relación con el transporte de materiales radiactivos

Las disposiciones del capítulo 7 del presente Código se aplican al transporte por mar de materiales radiactivos, incluido el transporte incidentalmente asociado al uso de materiales radiactivos. El transporte abarca todas las operaciones y condiciones relacionadas con el traslado de materiales radiactivos e inherentes al mismo, comprenden el diseño, la fabricación, el mantenimiento y la reparación de embalajes/envases, así como la preparación, la remesa, la carga, el transporte, incluido el almacenamiento en tránsito, la descarga y la recepción en el destino final de cargas de materiales radiactivos y bultos. Se aplica un enfoque graduado a las normas de rendimiento en las disposiciones del presente Código, que se caracteriza por tres niveles generales de gravedad

- condiciones de transporte rutinario (sin incidentes)
- condiciones de transporte normales (pequeños percances)
- condiciones de accidente durante el transporte

Las disposiciones del presente Código no se aplicarán a

- materiales radiactivos que sean parte integrante del medio de transporte
- materiales radiactivos desplazados dentro de un establecimiento que esté sujeto a reglamentos apropiados de seguridad vigentes en el establecimiento y cuyo desplazamiento no suponga utilización de vías o ferrocarriles públicos
- materiales radiactivos implantados o incorporados en seres humanos o animales vivos con fines de diagnóstico o tratamiento
- materiales radiactivos en productos de consumo que hayan recibido la aprobación reglamentaria, después de su venta al usuario final
- materiales naturales y minerales con radionucleidos contenidos naturalmente en ellos que o bien se encuentren en su estado natural o bien hayan sido procesados para fines distintos a la extracción de los radionucleidos, y que no vayan a ser tratados para utilizar dichos radionucleidos, siempre que la concentración de actividad de los materiales no sea 10 veces mayor que los valores especificados o calculados de conformidad con el código

- objetos sólidos no radiactivos con sustancias radiactivas presentes en cualesquiera superficies en cantidades que no superen el límite de contaminación establecido en este código <sup>9</sup>

#### c 1 Definición de Materiales radiactivos

Por material radiactivo se entenderá todo material que contenga radionucleidos en los cuales tanto la concentración de actividad como la actividad total de la remesa excedan los valores especificados en este código. En el caso de las mezclas de radionucleidos, puede determinarse si se ha alcanzado o superado el umbral de protección para el transporte sumando los cocientes dados por la actividad presente de cada radionucleido dividida por el umbral de protección para el transporte de ese radionucleido. Si la suma de las fracciones es inferior a 1, no se ha alcanzado ni superado el umbral de radiactividad de la mezcla.

---

<sup>9</sup> Por contaminación se entenderá la presencia de una sustancia radiactiva sobre una superficie en cantidades superiores a 0,4 Bq/cm<sup>2</sup> en el caso de emisores beta y gamma o emisores alfa de baja toxicidad, o 0,04 Bq/cm<sup>2</sup> en el caso de todos los demás emisores alfa. Por contaminación transitoria se entenderá la contaminación que pueda ser eliminada de la superficie en condiciones de transporte rutinarias. Por contaminación fija se entenderá la contaminación que no es contaminación transitoria.

## **c 2     Materiales de baja actividad específica (BAE)**

Por materiales de baja actividad específica (BAE) se entenderá los materiales radiactivos que, por su naturaleza, tienen una actividad específica limitada, o los materiales radiactivos a los que son de aplicación límites de la actividad específica media estimada. Para determinar la actividad específica media estimada no deberán tenerse en cuenta los materiales externos de blindaje que circunden a los materiales BAE.

Los materiales BAE estarán comprendidos en uno de los tres grupos siguientes:

### **1 BAE-I**

- minerales de uranio y torio y concentrados de dichos minerales, y otros minerales con radionucleidos contenidos naturalmente en ellos, que vayan a someterse a tratamiento para utilizar esos radionucleidos
- uranio natural, uranio empobrecido, torio natural o sus compuestos o mezclas, que no estén irradiados y se encuentren en estado sólido o líquido,

- materiales radiactivos para los que el valor de  $A_2$  no tenga límite, excluidas las sustancias fisionables no exceptuadas en virtud de este código
- otros materiales radiactivos en los que la actividad esté distribuida en todo el material y la actividad específica media estimada no exceda 30 veces los valores de concentración de actividad que se especifican en el código, excluidas las sustancias fisionables no exceptuadas en virtud de este código

## 2 BAE-II

Agua con una concentración de tritio de hasta 0,8 TBq/l, o i) otros materiales en los que la actividad esté distribuida por todo el material y la actividad específica media estimada no sea superior a  $10^{-4}$  A2/g para sólidos y gases, y  $10^{-5}$  A2/g para líquidos

## 3 BAE-III

Sólidos (por ejemplo, desechos consolidados, materiales activados), excluidos polvos, que satisfagan lo dispuesto en este código, en los que

- los materiales radiactivos se encuentren distribuidos por todo un sólido o conjunto de objetos sólidos, o estén, esencialmente, distribuidos de modo uniforme en el seno de un agente ligante compacto sólido (como hormigón, asfalto, materiales cerámicos, etc ),
- los materiales radiactivos sean relativamente insolubles, o estén contenidos intrínsecamente en una matriz relativamente insoluble, de manera que, incluso en caso de pérdida del embalaje/envase, la pérdida de materiales radiactivos por bulto, producida por lixiviación tras siete días de inmersión en agua, no excederá de 0,1 A2, y
- la actividad específica media estimada del sólido, excluido todo material de blindaje, no exceda de  $2 \times 10^{-3}$  A2/g

Los materiales BAE-III deberán presentarse en forma de sólidos de tal naturaleza que, si la totalidad del contenido del embalaje/envase se somete al ensayo especificado en este código, la actividad en el agua no excederá de 0,1 A2, igualmente, se someterán al siguiente ensayo

Se sumergirá en agua durante siete días, a la temperatura ambiente, una muestra de material sólido que represente el contenido total del

bulto El volumen de agua que se utilice en el ensayo será suficiente para tener la certeza de que, al final del periodo de ensayo de siete días, el volumen libre de agua restante no absorbida y que no ha reaccionado será, como mínimo, el 10 % del volumen de la propia muestra sólida que se somete a ensayo El agua tendrá un pH inicial de 6 a 8, y una conductividad máxima de 1 mS/m a 20 °C La actividad total del volumen libre de agua deberá medirse tras la inmersión de la muestra de ensayo durante siete días

### c 3 Disposiciones relativas a los materiales radiactivos en forma especial

Los materiales radiactivos en forma especial tendrán como mínimo una dimensión no inferior a 5 mm Cuando una cápsula sellada forme parte de un material radiactivo en forma especial, la cápsula se habrá fabricado de tal forma que sólo pueda abrirse destruyéndola

El diseño de los materiales radiactivos en forma especial requerirá aprobación unilateral Los materiales radiactivos en forma especial serán de tal naturaleza o estarán diseñados de tal manera que, si se someten a los ensayos especificados en este código, no se romperán ni fracturarán cuando se los someta a los ensayos de impacto, percusión o flexión especificados en este código, según proceda Igualmente, no se fundirán ni dispersarán cuando se los someta al ensayo térmico especificado, según proceda y la actividad en el



agua proveniente de los ensayos de lixiviación especificados no excederá de 2 kBq, o alternativamente, para fuentes selladas, la tasa de fuga correspondiente al ensayo de evaluación por fugas volumétricas especificado en la norma ISO 9978 1992, Radiation protection – Sealed radioactive sources –Leakage test methods, no excederá del umbral de aceptación aplicable que sea admisible para la autoridad competente

#### c 4 Objeto contaminado en la superficie (OCS)

Un OCS pertenecerá a uno de los dos grupos siguientes

1 OCS-I un objeto sólido en el que

- la contaminación transitoria en la superficie accesible, promediada sobre 300 cm<sup>2</sup> (o sobre el área de la superficie si ésta fuera inferior a 300 cm<sup>2</sup>), no sea superior a 4 Bq/cm<sup>2</sup> en el caso de emisores beta y gamma y emisores alfa de baja toxicidad, o a 0,4 Bq/cm<sup>2</sup> en el caso de todos los demás emisores alfa
- la contaminación fija en la superficie accesible, promediada sobre 300 cm<sup>2</sup> (o sobre el área de la superficie si ésta fuera inferior a 300 cm<sup>2</sup>), no sea superior a  $4 \times 10^4$  Bq/cm<sup>2</sup> en el caso de emisores beta y gamma y de

emisores alfa de baja toxicidad, o a  $4 \times 10^3$  Bq/cm<sup>2</sup> en el caso de todos los demás emisores alfa

- la contaminación transitoria más la contaminación fija en la superficie inaccesible, promediada sobre 300 cm<sup>2</sup> (o sobre el área de la superficie si ésta fuera inferior a 300 cm<sup>2</sup>), no sea superior a  $4 \times 10^4$  Bq/cm<sup>2</sup> en el caso de emisores beta y gamma y de emisores alfa de baja toxicidad, o a  $4 \times 10^3$  Bq/cm<sup>2</sup> en el caso de todos los demás emisores alfa

2 OCS-II un objeto sólido en el que la contaminación fija o la contaminación transitoria en la superficie sea superior a los límites aplicables estipulados para el OCS-I, y en el que

- la contaminación transitoria en la superficie accesible, promediada sobre 300 cm<sup>2</sup> (o sobre el área de la superficie si ésta fuera inferior a 300 cm<sup>2</sup>), no sea superior a 400 Bq/cm<sup>2</sup> en el caso de emisores beta y gamma y de emisores alfa de baja toxicidad, o a 40 Bq/cm<sup>2</sup> en el caso de todos los demás emisores alfa,
- la contaminación fija en la superficie accesible, promediada sobre 300 cm<sup>2</sup> (o sobre el área de la superficie si ésta fuera inferior a 300 cm<sup>2</sup>), no sea superior a  $8 \times 10^5$  Bq/cm<sup>2</sup> en el caso de emisores beta y gamma y de

emisores alfa de baja toxicidad, o a  $8 \times 10^4$  Bq/cm<sup>2</sup> en el caso de todos los demás emisores alfa

- la contaminación transitoria más la contaminación fija en la superficie inaccesible, promediada sobre 300 cm<sup>2</sup> (o sobre el área de la superficie si ésta fuera inferior a 300 cm<sup>2</sup>), no sea superior a  $8 \times 10^5$  Bq/cm<sup>2</sup> en el caso de emisores beta y gamma y de emisores alfa de baja toxicidad, o a  $8 \times 10^4$  Bq/cm<sup>2</sup> en el caso de todos los demás emisores alfa

#### c 5 Clasificación como bulto del tipo A

Un bulto que contenga material radiactivo podrá clasificarse como del tipo A si se cumplen las siguientes condiciones

Los bultos del tipo A no contendrán actividades superiores a las siguientes

- cuando se trate de materiales radiactivos en forma especial A1
- para todos los restantes materiales radiactivos A2

**c 6 Clasificación como bultos del tipo B (U), del tipo B (M) o del tipo C**

Los bultos que no se hayan clasificado de otra forma en este código, se clasificarán de acuerdo con el certificado de aprobación de la autoridad competente para el bulto expedido por el país de origen del diseño

Un bulto sólo podrá clasificarse como del tipo B (U) si no contiene

- actividades superiores a las autorizadas para el diseño del bulto
- radionucleidos diferentes de los autorizados para el diseño del bulto
- sustancias, en una forma o en un estado físico o químico, diferentes de las autorizadas para el diseño del bulto, según se especifique en el certificado de aprobación

Un bulto sólo podrá clasificarse como del tipo B (M) si no contiene

- actividades superiores a las autorizadas para el diseño del bulto,
- radionucleidos diferentes de los autorizados para el diseño del bulto

- sustancias, en una forma o en un estado físico o químico, diferentes de las autorizadas para el diseño del bulto, según se especifique en el certificado de aprobación

Un bulto sólo podrá clasificarse como del tipo C si no contiene

- actividades superiores a las autorizadas para el diseño del bulto
- radionucleidos diferentes de los autorizados para el diseño del bulto
- sustancias, en una forma o en un estado físico o químico, diferentes de las autorizadas para el diseño del bulto, según se especifique en el certificado de aprobación

#### c 7 Materiales radiactivos que posean otras propiedades peligrosas

Además de las propiedades radiactivas y de fisión, cualquier otro riesgo secundario que pueda presentar el contenido de un bulto, como explosividad, inflamabilidad, piroforicidad, toxicidad química y corrosividad, deberá ser tenido en cuenta en la documentación, embalaje/envasado, etiquetado, marcado,

rotulado, estiba, segregación y transporte, de manera que se puedan cumplir todas las disposiciones pertinentes relativas a las mercancías peligrosas

#### c 8 Programa de protección radiológica

El transporte de materiales radiactivos se someterá a las disposiciones del programa de protección radiológica, que consistirá en una serie de acuerdos sistemáticos encaminados a dar a las medidas de protección radiológica toda la consideración que merecen

Las dosis que reciban las personas deberán estar por debajo de los límites de dosis correspondientes. Se optimizarán la protección y la seguridad de modo que la magnitud de las dosis individuales, el número de personas expuestas y la probabilidad de que se produzcan exposiciones se mantengan en el valor más bajo que pueda razonablemente alcanzarse, teniendo en cuenta los factores económicos y sociales, y con la restricción de que las dosis que reciban las personas estén por debajo de los límites de dosis correspondientes. Se adoptará un enfoque estructurado y sistemático que tendrá en cuenta la interfaz entre el transporte y otras actividades

La naturaleza y el alcance de las medidas que se apliquen en el programa guardarán relación con la magnitud y la probabilidad de que se produzca

exposición a las radiaciones. El programa deberá ponerse a disposición de la autoridad competente pertinente, cuando así se solicite, con fines de inspección.

En caso de exposición ocupacional ocasionada por actividades de transporte, cuando se determine que la dosis efectiva, es probable que se encuentre comprendida entre 1 y 6 mSv en un año, será necesario un programa de evaluación de dosis mediante la vigilancia radiológica en el lugar de trabajo o la vigilancia de la exposición de cada uno, en otros casos, es probable que sea superior a 6 mSv en un año, deberá procederse a la vigilancia radiológica de cada uno.

Cuando se lleve a cabo la vigilancia de cada persona o de los lugares de trabajo, se deberán llevar los registros apropiados. En caso de exposición ocupacional ocasionada por actividades de transporte, cuando se determine que es sumamente improbable que la dosis efectiva sobrepase 1 mSv en un año, no será necesario aplicar programas de trabajo especiales, proceder a la vigilancia detallada, aplicar programas de evaluación de la dosis ni llevar registros individualizados.

Igualmente, con el fin de velar por el cumplimiento de las disposiciones pertinentes del presente Código, se establecerán y aplicarán programas de garantía de calidad basados en las normas internacionales, nacionales o de otra índole, aceptables para la autoridad competente, para el diseño, fabricación,

ensayo, documentación, utilización, mantenimiento e inspección de todos los materiales radiactivos en forma especial, materiales radiactivos de baja dispersión y bultos, así como para las operaciones de transporte y almacenamiento en tránsito. Se mantendrá a disposición de la autoridad competente la certificación de que se han cumplido plenamente las especificaciones relativas al diseño.

El fabricante, el consignador o el usuario deberán estar preparados para facilitar la inspección por la autoridad competente durante la fabricación y utilización y para demostrar a la correspondiente autoridad competente que los métodos y materiales utilizados para la fabricación se ajustan a las especificaciones aprobadas relativas al diseño y que todos los embalajes/envases se inspeccionan periódicamente y, en caso necesario, se reparan y mantienen en buenas condiciones, de modo que sigan ajustándose a todas las prescripciones y especificaciones pertinentes, incluso después de un uso repetido. Cuando sea necesaria la aprobación de la autoridad competente, dicha aprobación deberá tener en cuenta la idoneidad del programa de garantía de calidad y estar supeditada a ésta.

#### **c 9 Casos de incumplimiento**

En caso de incumplimiento de cualquiera de los límites dispuestos en el presente Código aplicables al nivel de radiación o contaminación, el consignador



será informado de los casos de incumplimiento por el transportista, si los casos de incumplimiento se advierten durante el transporte o por el consignatario, si los casos de incumplimiento se advierten a la llegada

Por otra parte, el transportista, el consignador o el consignatario, según corresponda, tomará medidas inmediatas para mitigar las consecuencias de los casos de incumplimiento, asimismo, investigará los casos de incumplimiento y sus causas, circunstancias y consecuencias y adoptará las disposiciones pertinentes para remediar las causas y circunstancias que condujeron a los casos de incumplimiento y para impedir que estos se repitan, comunicando a la autoridad o autoridades competentes las causas de los casos de incumplimiento y las acciones correctivas o preventivas adoptadas o que se adoptarán. Por último, la comunicación de los casos de incumplimiento al consignador y a la autoridad o autoridades competentes, respectivamente, se hará tan pronto como sea posible, y deberá ser inmediata siempre que se haya suscitado o se esté suscitando una situación de exposición de emergencia

## **C Régimen de responsabilidad civil en la esfera del transporte**

### **Marítimo de material y residuos radiactivos**

- 1 Convenio de París acerca de la responsabilidad civil en materia de energía nuclear y la Convención de Viena sobre responsabilidad civil por daños nucleares**

Desde que comenzó a desarrollarse la utilización de la energía nuclear con fines pacíficos se reconoció que la energía atómica acarrearía riesgos que, por su posible magnitud y características peculiares, no serían comparables con los riesgos convencionales. La primera evaluación de los riesgos de la energía nuclear con fines civiles, denominada comúnmente Informe Brookhaven, se realizó en 1957. Para el peor caso de accidente nuclear en una central eléctrica, se pronosticaba desde ninguna exposición letal hasta un máximo calculado de 3400, desde ninguna lesión no letal hasta un máximo de 43 000, y daños a la propiedad calculados entre 500 000 dólares y 7000 millones de dólares. Era lógico que conociéndose esto, y con la experiencia de dos explosiones de bombas nucleares durante la Segunda Guerra Mundial, se considerara conveniente elaborar una legislación especial que estableciera normas y procedimientos encaminados a garantizar la máxima protección financiera posible al público. No obstante, también se reconoció que las nuevas industrias nucleares (explotación, fabricación y transporte) no debían estar expuestas a una carga de responsabilidad irrazonable e indefinida y al riesgo de verse acosadas por pleitos judiciales (Organismo Internacional de Energía Atómica (1988)).

La primera legislación especial se promulgó en los Estados Unidos de América en virtud de la Ley Price-Anderson. A raíz de esta Ley, que allanó el camino en esta esfera, casi todos los miembros de la Organización Europea de

Cooperación Económica (la actual OCDE) firmaron en 1960 un primer convenio regional que establecía los principios de responsabilidad de terceras partes y el seguro para los explotadores de las instalaciones nucleares situadas en Europa occidental. Este instrumento fue el Convenio de París acerca de la responsabilidad civil en materia de energía nuclear, y ha sido modificado en diferentes ocasiones: el 28 de enero de 1964, el 16 de noviembre de 1982 y el 1 de febrero de 2004 (Organismo Internacional de Energía Atómica (1988)).

Actualmente entre sus partes contratantes tenemos a Bélgica, Dinamarca, España, Finlandia, Francia, Grecia, Italia, Noruega, Países Bajos, Portugal, Reino Unido de Gran Bretaña e Irlanda del Norte, República Federal de Alemania, Suecia y Turquía. No obstante, como la precipitación radiactiva no respeta las fronteras nacionales (y, por tanto, las soluciones nacionales o regionales no bastarían para abordar todos los aspectos de los riesgos nucleares), en 1963 se aprobó bajo los auspicios del OIEA la Convención de Viena sobre Responsabilidad Civil por Daños Nucleares, que entró en vigor el 12 de noviembre de 1977 y tiene entre sus partes contratantes a Argentina, Bolivia, Camerún, Cuba, Egipto, Filipinas, Nigeria, Perú, Trinidad y Tobago.

Los objetivos de los regímenes establecidos en virtud de los dos instrumentos son similares: brindar a las víctimas de un accidente nuclear la garantía de una indemnización rápida, eficaz y equitativa, y proteger la industria nuclear emergente contra las incertidumbres que plantea responsabilidad

conforme al derecho consuetudinario (Organismo Internacional de Energía Atómica (1988))

Las características fundamentales de ambos regímenes también son idénticas y pueden resumirse como sigue

a Responsabilidad estricta del explotador

Para facilitar a las víctimas la presentación y el litigio de las reclamaciones, y a las personas responsables la adquisición de una cobertura financiera para cumplir su responsabilidad, ambos instrumentos asignan la responsabilidad por daños nucleares a una sola persona respecto de cada incidente

Esta persona es el explotador de la instalación nuclear de que se trate, quien siempre será responsable únicamente de los incidentes que ocurran en esa instalación. Los proveedores no incurrir en ninguna responsabilidad aun cuando hayan sido sólo ellos los causantes del daño. La víctima que entable una reclamación de indemnización sólo tiene que demostrar el vínculo causal entre el accidente y el daño sufrido. No es necesario probar fallos o negligencias.

Al hacer responsable al explotador independientemente del elemento de "culpabilidad", la finalidad de ambos instrumentos internacionales es simplificar

los procedimientos para obtener reparaciones, establecer un máximo para la cantidad que el explotador deberá pagar por concepto de indemnización, facilitándole así la obtención y mantenimiento de un seguro, y asegurar la intervención de los Estados en el caso de que sea necesaria una indemnización adicional para hacer frente a las reclamaciones que resulten de un incidente nuclear. Como norma general el explotador remitente de los materiales nucleares se considera responsable hasta que el explotador destinatario se hace cargo de ellos, salvo acuerdo en contrario mediante contrato escrito.

En el caso de que ocurra un incidente nuclear, la identidad de la parte responsable, puede así determinarse por medio de un certificado de transporte que se entrega al transportista. Tales certificados son expedidos generalmente por compañías aseguradoras que se encuentran bajo el control de las autoridades nacionales competentes. En lo que respecta a cada operación de transporte, las compañías aseguradoras facilitan al explotador un certificado que esta entrega al transportista en el que aparecen el nombre y la dirección del remitente, el tipo y duración de la garantía, el material nuclear transportado, los detalles sobre el transporte y el límite de la responsabilidad de la compañía aseguradora. Aunque el remitente debe asegurar y mantener la cobertura financiera hasta el límite de su responsabilidad, según establezca la legislación nacional, las obligaciones de la compañía aseguradora abarcan todas las consecuencias de los incidentes nucleares que puedan ocurrir durante un único tránsito. En otras palabras, existe un límite para el seguro de cada tránsito.

Sin embargo, algunos sectores cuestionan esta responsabilidad, ya que un Órgano jurisdiccional competente puede entender que el explotador de la instalación nuclear a probado suficientemente que los daños se debieron total o parcialmente a la acción u omisión dolosa o con negligencia grave de la persona que los sufrió. Así pues, el presente caso no es una exclusión automática de la responsabilidad, sino que depende de la valoración del juzgador, y, además, dicha exoneración puede ser parcial. De aquí se extrae que no existe una responsabilidad objetiva absoluta por daños nucleares (Medina Alcoz (2012))

O'CALLAGHAN señala que si bien se trata de una "obligación de carácter objetivo", dicha obligación "sólo se elimina si se produce la ruptura del nexo causal, lo que ocurrirá si el daño se ha producido por causa del perjudicado y si el daño se produjo por fuerza mayor" (O'Callaghan Muñoz (2008))

#### **b Limitación de la responsabilidad**

La primera limitación está relacionada con el importe de la responsabilidad del explotador de la instalación nuclear. De conformidad con el Convenio de París, el importe máximo de la responsabilidad no debe exceder de 15 millones de DEG ni ser inferior a 5 millones de DEG. Con todo, en la legislación nacional se podría fijar una suma superior a 15 millones de DEG con sujeción a la

garantía financiera de que se disponga (Organismo Internacional de Energía Atómica (1988))

La Convención de Viena no establece una cifra tope más elevada para el importe de la responsabilidad. De conformidad con el texto de la Convención, el Estado en que esté ubicada la instalación podrá limitar la responsabilidad del explotador a no menos de 5 millones de dólares de los EE UU en caso de cualquier incidente nuclear. Asimismo, ambos instrumentos limitan la responsabilidad del explotador en cuanto al tiempo (Organismo Internacional de Energía Atómica (1988))

Las acciones para la obtención de indemnizaciones deberán entablarse, bajo pena de prescripción. La Convención de París vigente fija un plazo de prescripción para poder ejercitar la acción de responsabilidad civil de 10 años, a contar de la fecha del incidente nuclear. No obstante, se podrá fijar un plazo de prescripción superior a 10 años en virtud de los términos de la legislación nacional. Asimismo, la modificación realizada en 2004 establece dos plazos diferentes. Si la acción de responsabilidad se presenta por daños a personas, el plazo de prescripción será de 30 años, para el resto de supuestos continua el plazo de 10 años (Organismo Internacional de Energía Atómica (1988))

### c Garantía financiera obligatoria

Está claro que la cuantía de la responsabilidad dependerá en gran medida del activo con que se cuente para hacer frente a esa responsabilidad. Por tanto, con arreglo a ambos instrumentos el explotador queda obligado a tener un seguro u otra garantía financiera aprobada por el Estado por el importe correspondiente a su responsabilidad. Los envíos de o a un Estado no contratante pueden dar lugar a un problema especial puesto que no existe la certeza de que un explotador de dicho Estado posee una garantía financiera adecuada para cubrir su responsabilidad por daños nucleares. Por lo tanto, a fin de resolver este problema, tanto el convenio de París como la convención de Viena, estipulan que el explotador de un Estado Contratante que envía materiales nucleares a un Estado no Contratante, debe asumir la responsabilidad hasta que dicho material sea descargado del medio de transporte por el que se ha transportado al territorio del Estado no Contratante (Organismo Internacional de Energía Atómica (1988))

A la inversa, el explotador del Estado Contratante que recibe los materiales debe asumir la responsabilidad por el material nuclear que se le ha enviado del Estado no Contratante desde el momento en que se carga dicho material en el medio de transporte por los que se transportará desde el Estado no Contratante (Organismo Internacional de Energía Atómica (1988))



d Jurisdicción y ejecución de las sentencias

De conformidad con ambos instrumentos, la jurisdicción sobre las acciones entabladas en virtud de ellos compete exclusivamente a un tribunal de la parte contratante en cuyo territorio haya tenido lugar el incidente nuclear causante del daño. Las sentencias pronunciadas por este tribunal competente conforme a la Convención o el Convenio serán ejecutorias en el territorio de cualquiera de las partes contratantes en el instrumento aplicado. De esta forma se garantiza el cumplimiento de la limitación de la responsabilidad, así como el reparto equitativo de la indemnización (Organismo Internacional de Energía Atómica (1988))

e No discriminación

Ambos instrumentos manifiestan expresamente que deberán aplicarse sin discriminación alguna basada en la nacionalidad, el domicilio o la residencia, principio que también deberá reflejarse en la ejecución y complementación pertinente del derecho nacional. Así, tanto el Convenio como la Convención recalcan que uno de los pilares que sustenta este sistema de responsabilidad civil es el trato igual a todas las personas interesadas (Organismo Internacional de Energía Atómica (1988))

f    Protocolo Común

A pesar de sus principios básicos comunes, no había ninguna relación entre el Convenio de París y la Convención de Viena. La idea original de que las partes en el Convenio de París se adhiriesen a la Convención de Viena no se llevó jamás a la práctica. El hecho de que estos instrumentos se aplicaran por separado tuvo las siguientes consecuencias:

- Ninguno de los dos instrumentos se aplica a los daños nucleares sufridos en el territorio de una parte contratante en el otro, lo que es especialmente pertinente en los casos en que el daño se origina en instalaciones emplazadas en tierra.
- Podían surgir conflictos jurídicos, ya que ambos instrumentos se aplicarían a incidentes nucleares que ocurrieran en el territorio de una parte contratante en el otro instrumento, lo cual se aplica particularmente en los casos de transporte.

Por lo tanto, desde los años setenta, el OIEA y la AEN vienen tratando de elaborar una solución que establezca una relación entre la Convención de Viena y el Convenio de París y que tenga el doble propósito siguiente:

- extender mutuamente el régimen de responsabilidad civil establecido en el marco de cada uno de los dos instrumentos con el objeto de dar una protección más amplia a las víctimas de un accidente nuclear
- eliminar los conflictos jurídicos que pueden surgir de la aplicación simultánea de los dos instrumentos en el caso de un accidente nuclear que afecte a partes en ambos instrumentos

En 1987 los órganos rectores de ambas organizaciones convinieron que la solución más simple y práctica para lograr esos propósitos consistiría en formalizar la relación entre el Convenio y la Convención por medio de un Protocolo Común. También se consideró que esa armonización podría ofrecer un incentivo para una adhesión más amplia a la Convención de Viena (Organismo Internacional de Energía Atómica (1988))

El 30 de octubre de 1987, el texto del Protocolo Común fue aprobado por consenso en una reunión del Grupo de Trabajo Mixto OIEA/AEN, de expertos gubernamentales y el 21 de septiembre de 1988 el Protocolo Común fue aprobado oficialmente y abierto a la firma en ocasión de la Conferencia sobre las relaciones entre el Convenio de París y la Convención de Viena. El día de su aprobación, el Protocolo Común fue firmado por diecinueve Estados: Argentina, Bélgica, Chile, Dinamarca, Egipto, España, Filipinas, Finlandia, Grecia, Italia, Marruecos, Noruega, Países Bajos, Portugal, Reino Unido de Gran Bretaña e

Irlanda del Norte, República Federal de Alemania, Suecia, Suiza y Turquía (Organismo Internacional de Energía Atómica (1988))

El primer principio en que se basa el Protocolo Común es el de la creación de un vínculo o puente entre ambos instrumentos mediante la supresión de la distinción entre las partes contratantes y Estados no contratantes en lo que se refiere a la parte dispositiva de ambos. El segundo principio consiste en hacer que a un incidente nuclear se aplique con exclusividad la Convención de Viena o el Convenio de París mediante la selección adecuada de una norma de derecho. Estos principios se recogen en los artículos fundamentales del Protocolo Común (Organismo Internacional de Energía Atómica (1988))

En el Artículo I del Protocolo Común se definen los dos instrumentos. Las definiciones incluyen cualquier enmienda al instrumento correspondiente que esté en vigor para una parte contratante en el Protocolo. Este lenguaje tiene por objeto dejar en claro que toda parte que sea a la vez contratante en el Protocolo y en la Convención de Viena o el Convenio de París está obligada, con respecto a las demás partes en el Protocolo, a aplicar cualquiera de los dos instrumentos en la misma forma en que lo hace en relación con las demás partes en su propio instrumento.

El Artículo II extiende la responsabilidad del respectivo explotador a los daños nucleares sufridos en territorios de las partes en el otro instrumento. De

este modo, si ocurre un incidente nuclear en una instalación nuclear situada en el territorio de una parte en el Convenio de París (Convención de Viena) y causa daños a personas o bienes situados en el territorio de una parte en la Convención de Viena (Convenio de París), el explotador de la instalación es responsable por dichos daños. Su responsabilidad está determinada "conforme a" dicho instrumento, vale decir, tal explotador es siempre responsable con arreglo al instrumento en que sea Parte el Estado en que se encuentre su instalación y la cuantía de la responsabilidad está determinada por la legislación de dicho Estado de conformidad con el instrumento aplicable.

El Artículo III determina el instrumento aplicable. Como ambos instrumentos se aplican no sólo a los incidentes nucleares que ocurran en las instalaciones nucleares, sino también a los incidentes nucleares que ocurran durante el transporte de materiales nucleares, se incluye una selección de normas de derecho aplicables a ambas situaciones.

El Artículo IV complementa los Artículos II y III y especifica que todos los Artículos de la parte dispositiva de ambos instrumentos se aplican en caso de un incidente nuclear, vale decir, aquellos que se refieren a las cuantías de la responsabilidad, a la cobertura financiera, a los recursos y a la subrogación, a la jurisdicción y a la ejecución de las sentencias, y también a la indemnización y a su distribución equitativa. En cambio, se excluyen los Artículos "de procedimiento" de ambos instrumentos (por ejemplo, los que se refieren a firmas,

ratificaciones, adhesiones, enmiendas), pues el Protocolo Común no otorga la plena calidad de parte en el otro instrumento. Los demás Artículos del Protocolo Común, a saber, del V al XI, contienen las cláusulas finales y siguen la práctica habitual por lo que no necesitan aclaración.

## 2 Convenio de Bruselas

El Convenio de Bruselas complementó el Convenio de París en 1963 y entró en vigor en 1974. De las catorce partes en el Convenio de París sólo Grecia, Portugal y Turquía no se adhirieron al Convenio de Bruselas. El Convenio Complementario dispone un sistema de indemnización estatal para el caso en que los daños derivados de un accidente nuclear excedan del importe máximo de las responsabilidades del explotador estipulado en el Convenio de París. Establece un sistema de indemnización dividido en tres etapas.

El primer grupo de indemnizaciones se cubre con el seguro del explotador u otra garantía financiera conforme al Convenio de París. El importe máximo correspondiente a este grupo oscila en general entre 5 y 15 millones de Derechos Especiales de Giro (DEG) del Fondo Monetario Internacional, según la legislación nacional de que se trate. El segundo grupo, desde el importe fijado para la responsabilidad del explotador hasta 70 millones de DEG, corre a cargo del Gobierno del país en que esté ubicada la instalación nuclear del explotador responsable.

El tercer grupo, que cubre los daños valorados entre 70 y 120 millones de DEG, es sufragado conjuntamente por los Estados Partes en el Convenio Complementario de Bruselas con arreglo a una fórmula de distribución basada en el PNB y en la energía del reactor térmico en el territorio de cada parte contratante. El monto de los DEG para el segundo y el tercer grupo aumentarían a 175 millones y 300 millones, respectivamente, cuando entre en vigor el Protocolo aprobado a este fin en 1982.<sup>10</sup>

### 3 Convención sobre indemnización suplementaria

La Convención sobre indemnización suplementaria por daños nucleares, promulgada en Viena el 12 de septiembre de 1997, es un instrumento vinculante pero que aún no está en vigor. La Convención es un instrumento autónomo al que pueden adherir todos los Estados, independientemente de su participación en la Convención de Viena o el Convenio de París. Sus objetivos consisten en crear un régimen mundial de tratamiento de la responsabilidad jurídica por daños nucleares y establecer un fondo internacional que garantice la indemnización por

---

<sup>10</sup> Bajo los auspicios de la Agencia Internacional de Energía Atómica se ha elaborado un Régimen de Responsabilidad Civil en materia de energía nuclear con el Convenio de Viena de 1963 y el Convenio de París de la OCDE sobre Responsabilidad Civil ante terceros en el campo de la energía nuclear, de 1960 y el Convenio suplementario de Bruselas vinculado de 1963. Estos Convenios están vinculados por el Convenio Conjunto, adoptado en 1988. En 1997 se adoptó un nuevo Convenio para modificar la Convención de Viena, en vigor desde 2003 y en 2004 se adoptó un Protocolo sobre los Convenios de París.

daños nucleares que se agregue al disponible conforme al derecho nacional (Organismo Internacional de Energia Atómica (1988))

En general, la Convención sobre indemnización suplementaria prescribe las mismas normas de responsabilidad que la Convención de Viena y el Convenio de París. En unos pocos casos, el Convenio de Indemnización refuerza ese régimen. Específicamente, en caso de accidente marítimo ocurrido en la zona económica exclusiva (ZEE) de un Estado Parte, la Convención reconoce este concepto, relativamente reciente, y dispone que la competencia corresponde exclusivamente a los tribunales del Estado costero en cuya ZEE se haya producido el accidente. Además, incluye una definición ampliada de daños nucleares, que identifica expresamente los daños ambientales y las medidas preventivas (Convenio de las Naciones Unidas sobre el Derecho del Mar (1982))

Para adherir a la Convención de Indemnización, los Estados no Partes de la Convención de Viena o del Convenio de París deben mantener en vigor leyes compatibles con las disposiciones contenidas en el Anexo de la Convención. El Artículo 3 del Anexo contiene disposiciones referentes a responsabilidad durante el transporte, que son casi idénticas a las de la Convención de Viena y del Convenio de París, salvo en cuanto al tratamiento de accidentes ocurridos en la ZEE de un Estado Parte (Convenio de las Naciones Unidas sobre el Derecho del Mar (1982))



#### 4 Protocolo de enmienda a la Convención de Viena

El Protocolo de enmienda a la Convención de Viena sobre responsabilidad civil por daños nucleares, promulgado en Viena el 12 de septiembre de 1997, es también un instrumento vinculante. Prevé, inter alia, (i) la cobertura de daños nucleares sufridos por un Estado no Contratante, se admite una excepción si ese Estado tiene una instalación nuclear y no concede beneficios recíprocos, (ii) una definición perfeccionada de daño nuclear, que abarca los costos de restablecimiento del medio ambiente alterado, (iii) los costos de las medidas preventivas, (iv) un límite de responsabilidad sustancialmente más alto (por los menos 300 millones de DEG, que pueden dividirse entre el operador responsable y el Estado de instalación), (v) una ampliación a 30 años del plazo de presentación de reclamaciones por pérdida de vidas y lesiones personales. Al mismo tiempo se preservan los principios fundamentales de responsabilidad nuclear establecidos en la Convención de Viena, por ejemplo la responsabilidad objetiva y la canalización de responsabilidad al operador (Organismo Internacional de Energía Atómica (1988)).

El Protocolo contiene también una disposición que establece, como modificación de la norma existente en la Convención de Viena, que en caso de incidentes ocurridos dentro de la ZEE de un Estado Parte o en un área que no rebase sus límites, son competentes los tribunales del Estado para entender en

acciones referentes a daños nucleares. Las disposiciones de la Convención de Viena de 1963 que se refieren al transporte (Artículo II) no sufren cambios.

#### 5 El Convenio sobre la responsabilidad civil por daños resultantes de actividades peligrosas para el medio ambiente

El Convenio sobre la responsabilidad civil por daños resultantes de actividades peligrosas para el medio ambiente, promulgado en Lugano el 21 de junio de 1993, es un instrumento vinculante que aún no está en vigor. Este Convenio está destinado a garantizar una adecuada indemnización por daños resultantes de actividades peligrosas para el medio ambiente, y también prevé mecanismos de prevención y restablecimiento (Organismo Internacional de Energía Atómica (1988)).

Son actividades peligrosas, entre otras, la producción, el manejo, el almacenamiento, el uso o descarga de una o más sustancias peligrosas, o cualquier operación de carácter similar referente a esas sustancias, incluidos materiales radiactivos.

## **6 Convenio relativo a la responsabilidad civil en la esfera del transporte marítimo de materiales nucleares**

En 1971, la OMI, en colaboración con el Organismo Internacional de Energía Atómica (OIEA) y la Agencia Europea de Energía Nuclear de la Organización de Cooperación y Desarrollo Económicos (OCDE), convocó una conferencia en la que se adoptó un convenio para regular la responsabilidad respecto de daños resultantes del transporte de sustancias nucleares por vía marítima (Organización Marítima Internacional (2000))

El propósito del Convenio es resolver las dificultades y conflictos que surjan de la aplicación simultánea, a los daños de carácter nuclear, de ciertos convenios marítimos relativos a la responsabilidad de los propietarios de buques y de otros convenios que asignan la responsabilidad nacida de sucesos de carácter nuclear a la empresa explotadora de las instalaciones nucleares desde o a las cuales se transporta el material en cuestión

El Convenio se adoptó el 17 de diciembre de 1971 y su entrada en vigor, fue el 15 de julio de 1975, en su articulado dispone que una persona responsable de los daños causados en un suceso de carácter nuclear quedará exonerada de dicha responsabilidad si el empresario de la instalación nuclear es también responsable de dichos daños en virtud del Convenio de París de 29 de julio de

1960 acerca de la responsabilidad civil en materia de energía nuclear, de la Convención de Viena de 21 de mayo de 1963 sobre responsabilidad civil por daños nucleares, o en virtud de una legislación nacional análoga por lo que respecta a la protección acordada a quienes sufrieron los daños

**CAPÍTULO III. EL TRANSPORTE DE DESECHOS Y MATERIAL  
RADIOACTIVO POR EL CANAL DE PANAMÁ Y SUS IMPLICACIONES PARA  
LA REPÚBLICA DE PANAMÁ.**

**A La ruta de Panamá en comparación con otras**

Las rutas alternativas de transporte marítimo entre Europa y Japón son

- 1 Navegando por el Mediterráneo y el Canal de Suez, continuando entre Asia y Australia, y entre las islas del Pacífico Sur
- 2 Bordeando el sur de África y pasando entre Australia y Asia, y entre las islas del Pacífico Sur
- 3 Bordeando el sur de África y el sur de Australia, y después entre las islas del Pacífico Sur
- 4 Bordeando Suramérica, pasando entre el Cabo de Hornos y la Antártida
- 5 Navegando por el Caribe y el Canal de Panamá

Además, actualmente se está hablando de un paso noroeste por el área de América del Norte, no obstante, es una posibilidad que todavía no se ha materializado, dicho lo cual, veamos cada una de las mencionadas rutas en detalle

La alternativa del Canal de Suez no es factible, debido al alto riesgo de actos terroristas y a los requisitos exigidos por la autoridad del Canal de Suez, incluyendo cobertura ilimitada contra daños. Las restricciones físicas que impone el Canal de Suez y el mar Rojo facilitan las acciones terroristas, en una parte del mundo muy inestable, constantemente en guerra y con una gran concentración de organizaciones terroristas, además de gobiernos interesados en obtener el poderío atómico (Escoffery (2001))

Las alternativas bordeando el sur de África por el Cabo de Buena Esperanza se acercan a varios Estados que, individualmente y regionalmente, se oponen al tránsito de materiales altamente radioactivos. Estos conocen de primera mano los efectos de la radiación (Escoffery su Cit )

La alternativa bordeando Suramérica por el Cabo de Hornos ya fue protestada por Brasil, Uruguay, Argentina y Chile, que han impuesto sus requisitos para permitir el tránsito por sus aguas, y la ONU prohíbe su ingreso a la Antártida, al sur del paralelo 60. Queda poco espacio disponible, que en verano es peligroso y en invierno es casi imposible (Escoffery su Cit )

En vista de lo anterior, la alternativa del Canal de Panamá surge como la opción más factible y accesible, y es que actualmente, los barcos que zarpan de Europa viajan por el océano Atlántico sin escolta y pasan cerca de las islas del Caribe, normalmente por el Canal de la Mona entre Puerto Rico y la República Dominicana. Después continúan hasta entrar a nuestra zona económica exclusiva (ZEE, mar hasta 200 millas náuticas desde la costa) y a nuestro mar territorial (mar hasta 12 millas náuticas de la costa), hasta llegar afuera del rompeolas de Colón y entrar al área de operación del Canal. Aquí el control de cada barco se transfiere al práctico (piloto de barco) de la Autoridad del Canal de Panamá (ACP) y el barco navega por la servidumbre del Canal hasta la esclusa de Gatún. La trayectoria del Canal es de 70 km de largo y demora aproximadamente 8 horas. Durante el tránsito, el barco está sujeto a limitaciones y condiciones en cuanto a su posición, velocidad, capacidad de maniobrabilidad y defensa (Escoffery op Cit)

Desde 1970 han transitado barcos con desechos CNI por el Canal de Panamá, no obstante, el primer tránsito nuclear importante conocido fue en el barco "Seishin Maru" en 1984 y se estima que más de 180 barcos con desechos o materiales radiactivos, han transitado por el Canal desde 1985 (Escoffery su Cit), y aproximadamente, según datos de la ACP, hay unos 50 tránsitos por año de estos desechos a través del Canal de Panamá. Además, hay barcos de otros tipos que transportan cantidades menores de material radioactivo.

## B Principales usuarios que transportan estos materiales

### 1 James Fisher and Sons

Fue una de las primeras compañías en dedicarse al transporte de material radioactivo. La compañía y sus barcos están registrados en el Reino Unido. Desde 1965 se encargaron del transporte de desecho nuclear de Italia al Reino Unido, a bordo del barco carguero "Stream Fisher", y posteriormente de INF (Industrial Nuclear Fuel o CNI Combustible Nuclear Irradiado) con el "Pool Fisher". También se ganó el primer contrato para transportar INF de Japón a Europa, comenzando en 1969 con el "Leven Fisher" y después con el "Jopulp", que posteriormente fue rebautizado "Pacific Fisher" (Escoffery op Cit )

Parte del material radioactivo que transita por el Canal está relacionado con los contratos de reprocesamiento negociados por Overseas Reprocessing Committee (ORC) de Japón, que son firmados directamente por las compañías propietarias de los reactores nucleares en Japón con British Nuclear Fuels Ltd (BNFL) y "Compagnie Générale des Matières Nucléaires" (COGEMA), que realizan el transporte con la Pacific Nuclear Transport Ltd (PNTL). A continuación se presenta información general de cada Organización (Escoffery su Cit )



Overseas Reprocessing Committee (ORC), es un comité fundado en 1977, para negociar los contratos de reprocesamiento de los reactores nucleares en Japón. Sus integrantes son JAPC y FEPC (Escoffery op Cit )

- Japan Atomic Power Company (JAPC), es una sociedad privada con responsabilidad limitada, dedicada a la producción de electricidad en Japón
- Federation of Electric Power Companies (FEPC), es una federación que agrupa a 10 sociedades privadas con responsabilidad limitada, dedicadas a la producción de electricidad en Japón

## 2 British Nuclear Fuels Ltd (BNFL)

Esta es una sociedad privada con responsabilidad limitada registrada en el Reino Unido, dedicada a la producción, reprocesamiento y transporte de material radioactivo. Fundada en 1971, surgió del grupo de producción de la Autoridad de Energía Atómica del Reino Unido, posteriormente, El 1 de abril de 2005, BNFL formó una nueva compañía holding, y comenzó un proceso de reestructuración rigurosa que transferir o vender la mayor parte de la totalidad de su dominio y divisiones. En 2005, se transfirió todas sus instalaciones nucleares a la Autoridad de Desmantelamiento Nuclear (INS) (en inglés Nuclear Decommissioning Authority (NDA))

Luego vendió su filial Westinghouse Electric Company en febrero de 2006. Mas tarde, BNFL vendió las empresas independientes que componían su principal filial, British Nuclear Group. En mayo de 2009, BNFL había completado la venta de todos sus activos y no tenía actividades o negocios operativos restantes. INS es la Empresa responsable de la gestión efectiva y eficiente de limpieza del legado nuclear del Reino Unido, incluyendo el manejo de los residuos y el desmantelamiento de centrales nucleares (Nuclear Decommissioning Authority (2013)).

### 3 Compagnie Générale des Matières Nucléaires (COGEMA)

Esta es una sociedad privada con responsabilidad limitada registrada en Francia, dedicada a la producción de combustible nuclear, reprocesamiento y transporte de material radioactivo. COGEMA es propietaria del 100% de "Transnucléaire", una compañía especializada en el transporte de materiales nucleares por medios terrestres, aéreos y marítimos, con 2 barcos INF bajo contrato. También es accionista en Transnuclear West Inc., compañía de transporte que opera desde el Estado de California, EUA. COGEMA se fusionó con FRAMATOME (Ver nota a pie de página<sup>9</sup>) y CEA (Ver nota a pie de

---

<sup>9</sup> Franco-Américaine de Constructions Atomiques (Framatome), fue fundada en 1958 por varias empresas del gigante industrial francés El Grupo Schneider junto con Empain, Merlin Gerin, y la Westinghouse estadounidense, con el fin de otorgar licencias de reactores de agua presurizada de Westinghouse (PWR).

página<sup>10</sup>) para formar el grupo AREVA, el nombre de la filial fue cambiado a AREVA NC (Ver nota a pie de página<sup>11</sup>) en marzo de 2006 (Areva (2013))

#### 4 Pacific Nuclear Transport Ltd (PNTL)

Esta es una sociedad privada con responsabilidad limitada, dedicada al transporte marítimo de material radioactivo, es propiedad de NDA (Ver nota a pie de página<sup>12</sup>), (62,5%), de ORC (25%) y de AREVA, a través de su subsidiaria, TN International (12,5%) (Escoffery op Cit) Los barcos tipo "Pacific" son propiedad de PNTL, administrados por "James Fisher & Sons", cuyas fechas de fabricación son (Pacific Nuclear Transport Limited (2013))

1 Pacific Swan 1979

2 Pacific Crane 1980 ("Akatsuki Maru")

---

<sup>10</sup> Comisión de Energía Atómica y Energía Alternativa del Gobierno de Francia (CEA), dedicada a actividades comerciales e industriales para el desarrollo de aplicaciones de la energía nuclear tanto en el campo civil como militar

<sup>11</sup> Areva NC, es un grupo industrial activo en todas las etapas del ciclo del combustible de uranio incluyendo la extracción de uranio, la conversión, el enriquecimiento, el reprocesamiento del combustible gastado, y el reciclaje

<sup>12</sup> International Nuclear Services (INS) es una empresa de Reino Unido que participa en la gestión y el transporte de combustibles nucleares INS tiene su base en Risley, cerca de Warrington, y es una subsidiaria de propiedad total de Nuclear Decommissioning Authority (NDA) comenzó como la división de Servicios de combustible gastado de British Nuclear Fuels (BNFL) Como parte de la reestructuración de BNFL, el 49% de la empresa fue transferida a la NDA en 2006 Su nombre se cambió a International Nuclear Services en 2007 y en abril de 2008, cuando BNFL se liquidó, la NDA adquirió el 51% restante del INS

- 3 Pacific Teal 1982 (artillado)
- 4 Pacific Sandpiper 1985
- 5 Pacific Pintail 1987 (artillado)
- 6 Pacific Heron 2008
- 7 Pacific Egret 2010
- 8 Pacific Grebe 2010

Hay que tener en cuenta que estos barcos son civiles, no son militares. Todos ellos están registrados en el Reino Unido y han sido certificados por el Servicio Marítimo y de Guardacostas del Reino Unido como buques Clase CNI-3.

Todos los miembros del grupo PNTL realizaron una presentación en Panamá a inicios del 2000, participaron en el foro organizado por la Asamblea Legislativa en Junio del 2000 y han hecho presentaciones a las comisiones de la Asamblea y a otras autoridades. El grupo PNTL ha documentado su información en el documento "Envíos de retorno de residuos vitrificados de Francia a Japón", y "MOX fuel shipment from France to Japan", disponible a través de sus miembros. Según el grupo PNTL, éste utiliza envases, equipos y medios

diseñados específicamente para el transporte de material radioactivo, con medidas de seguridad mucho más extensas que las usadas para el resto del transporte marítimo. La PNTL alega mantenerse libre de accidentes desde el inicio de sus operaciones hasta el presente, y asegura estar preparada para resolver cualquier incidente de contaminación radioactiva (Escoffery op Cit )

Según BNFL en los años setenta creó un diseño especial para barcos contruidos con fines especiales para el transporte nuclear que suscitaría especial seguridad y confiabilidad en las operaciones de transporte y reforzaría la protección para el barco y las tripulaciones <sup>15</sup> Este proceso se realizó “tras amplias consultas con Lloyds de Londres, The Salvage Association y las principales compañías de salvataje, y siguiendo normas japonesas elaboradas al mismo tiempo, se construyó la flota de PNTL de hoy” Desde entonces se ha agregado equipo adicional conforme a nuevos avances tecnológicos y experiencias operacionales, a fin de mantener las normas de seguridad operacional (Pacific Nuclear Transport Limited op Cit )

Tras el retiro del Pacific Crane, en octubre de 2002, la flota actual de PNTL está formada por seis barcos: Pacific Swan (1979), Pacific Teal (1982), Pacific Sandpiper (1985), Pacific Pintail (1987), Pacific Heron (2008) y el Pacific

---

<sup>15</sup> Algunos radionucleidos, especialmente el uranio 233, el uranio 235, el plutonio 239 y el plutonio 241, tienen la propiedad de que sus núcleos pueden “fisionarse” o partirse cuando el núcleo capta un neutrón. La fisión libera calor y neutrones adicionales pueden continuar la “reacción en cadena” en forma autosostenida, o incluso acelerada. El requisito de seguridad de la criticidad durante el transporte es el control de los materiales y bultos que contienen esos materiales, para que no se produzca un hecho de ese género, ni siquiera en caso de accidentes graves.

Egret (2010) La flota de PNTL tiene antecedentes de seguridad que no van en zaga a los de ninguna otra, habiendo cubierto más de 4,5 millones de millas sin un sólo incidente que diera lugar a la liberación de radioactividad (Pacific Nuclear Transport Limited op Cit )

Con casi 25 años de experiencia, PNTL ha transportado más de 4 000 cascos en más de 140 embarques BNFL/PNTL ha venido transportando combustibles gastados de Japón a Europa durante más de 30 años, en ese período, BNFL/PNTL ha transportado más de 7 000 toneladas de combustibles gastados de Japón a Europa, (cifras exactas a partir de 1969 1 428 toneladas de Magnox, 5 590 toneladas de óxidos) y transitó en condiciones seguras el Canal de Panamá, transportando materiales radiactivos alrededor de 140 veces Los embarques de residuos vitrificados comenzaron en 1995 Desde entonces, PNTL completó siete viajes de regreso con residuos vitrificados de Francia a Japón (cuatro viajes a través del Canal de Panamá, dos alrededor del Cabo de Hornos y uno alrededor del Cabo de Buena Esperanza)” (British Nuclear Fuel Limited (2013))

El diseño básico de los barcos de PNTL consiste en una configuración de doble casco que rodea los espacios de carga con estructuras resistentes al impacto entre los cascos y con duplicación y separación de todos los sistemas esenciales, de modo de ofrecer alta confiabilidad y capacidad de supervivencia frente a accidentes Por ejemplo, si falla cualquier sistema importante durante

un viaje, por desperfectos mecánicos o por accidente, hay un sistema de respaldo alternativo listo para ser puesto en funcionamiento (Pacific Nuclear Transport Limited op Cit )

Los barcos de PNTL llevan una tripulación dos a tres veces mayor, aproximadamente, que la que opera en los buques tanque de productos químicos de tamaño similar. Todos los oficiales de navegación e ingeniería tienen certificados de competencia para un rango superior de aquel en que prestan servicios. Por ejemplo, el Primer Oficial debe tener Certificado de Capitán. Se insta a todo el personal a mejorar sus aptitudes y calificaciones y tomar cursos de capacitación pertinentes (Pacific Nuclear Transport Limited su Cit )

Todos los miembros de la tripulación del barco llevan dosímetros de película para controlar las dosis de radiación individuales en todos los casos en que a bordo del barco hay cascos de materiales radiactivos. La dosis máxima recomendada para trabajadores de radiación clasificados es de 20 mSv/año y la dosis media para la tripulación de los barcos de PNTL en los últimos diez años es de 0,08 mSv/año en comparación con 2,0 mSv/año correspondiente a tripulaciones aéreas, 3,5 mSv/año para mineros (en general) y 0,6 mSv/año para mineros del carbón (Hughes (1999))

Los barcos de PNTL presentan una serie de atributos avanzados de seguridad, siendo los siguientes los más importantes (Pacific Nuclear Transport Limited op Cit )

- Doble casco que rodea los espacios de cargas, para soportar daños y permanecer a flote destinados a soportar un grave choque con un navío mucho más grande, sin penetración del casco interno La estructura de doble casco abarca más de dos quintos del ancho del navío, lo que hace de éste “un barco dentro de otro”, y el espacio comprendido entre los cascos es reforzado todo a lo largo de la zona de contención con planchas de acero horizontales de 20 mm de espesor El casco interno que abarca el espacio de carga está formado por mamparas longitudinales y transversales que no admiten la penetración de agua
- Flotabilidad reforzada El navío está subdividido en numerosos compartimientos estancos, como resultado de lo cual algunas de las bodegas y espacios para maquinarias pueden inundarse por completo sin que el barco deje de permanecer a flote en actitud estable La subdivisión del casco se preserva mediante el uso de puertas herméticas
- Duplicación de sistemas de navegación, comunicaciones, electricidad y enfriamiento, diseñados de modo que en caso de daño o falla mecánica de cualquier parte del barco todos los sistemas esenciales estén en



condiciones de seguir funcionando. Esto comprende la duplicación del recorrido de los cables de suministro de energía eléctrica correspondientes a todos esos sistemas a ambos lados del barco, para impedir que los daños que se produzcan en un sector corten el suministro, y considerable redundancia del suministro de electricidad. Además de los alternadores principales situados en la parte posterior, hay dos alternadores adicionales situados en la parte delantera, que están en condiciones de suministrar toda la energía principal del barco. También hay un alternador de emergencia que arranca automáticamente en caso de falla de la fuente de energía principal, que permite abastecer todas las funciones esenciales, como equipo de navegación, luces, equipo de orientación, sistemas de lucha contra incendios, etc.

- **Navegación y orientación satelital.** El barco está dotado de diversos sistemas de navegación, incluida navegación satelital. El barco transmite cada dos horas, sin intervención de la tripulación, informes automáticos de rumbo y velocidad. Los mismos son controlados por el Centro de Informes de Embarcaciones, en Barrow, en el Reino Unido. Si el barco por alguna razón se sumerge, podría ser localizado utilizando equipo de localización por sonar que está en condiciones de localizar a un barco hundido a profundidades de más de 6 000 m.

- **Sistemas adicionales de detección de incendios y lucha contra incendios**  
Además de los requisitos legales, los barcos están dotados de amplios sistemas de detección de incendios y lucha contra incendios, incluida la capacidad de inundar las bodegas y los espacios para maquinaria con gases para apagar incendios y las bodegas de carga con agua. El sistema de detección de incendios del barco abarca todos los espacios del mismo, y también están duplicadas las bombas que abastecen a los sistemas de lucha contra incendios y los aspersores, ubicados en la sala de máquinas principal y en el espacio de maquinaria delantero. El barco permanecería a flote, estable y en condiciones de operar aunque se inundaran al mismo tiempo todas las bodegas de carga.
- **Hélices y motores gemelos** Normalmente los barcos convencionales de estas dimensiones son de motor único y configuraciones de timón único, pero por razones de confiabilidad todos los barcos tienen hélices y motores gemelos que operan en forma enteramente independiente. En la práctica es posible parar un motor y desconectarlo en tanto que el barco sigue avanzando a una velocidad de alrededor de 10 nudos con el otro motor.
- **Impulsor de popa** Todos los barcos están dotados de impulsores de popa, lo que brinda mayor maniobrabilidad a velocidades más reducidas.

- **Sistemas fijos de control de radiaciones** Todos los barcos, además de seguir una rutina diaria de control manual de radiaciones, están dotados de monitores fijos de radiación, vinculados con un punto de control situado fuera de las bodegas, y con un sistema de alarma ubicado sobre el puente

## **C Marco Legal que regula el transporte de material radiactivo por el Canal de Panamá**

### **1 La Constitución Política**

La protección de la vida de las personas tiene prioridad sobre todos los instrumentos legales, dicha protección está establecida en nuestra Constitución que está supuesta a ser el máximo documento legal y que establece el principio preventivo, desarrollado en los siguientes artículos

**Art 118** Es deber fundamental del Estado garantizar que la población viva en un ambiente sano y libre de contaminación, en donde el aire, el agua y los alimentos satisfagan los requerimientos del desarrollo adecuado de la vida humana

**Artículo 119** El Estado y todos los habitantes del territorio nacional tienen el deber de propiciar un desarrollo social y económico que prevenga la

contaminación del ambiente, mantenga el equilibrio ecológico y evite la destrucción de los ecosistemas

Por otro parte, el Artículo 4 dice "La República de Panamá acata las normas del Derecho Internacional" (Constitución Política de la República de Panamá de (1972))

El Ministerio de Relaciones Exteriores y la Autoridad del Canal de Panamá lo interpretan colocando las normas internacionales ratificadas por Panamá a un nivel superior a la Constitución. Este artículo está sujeto a varias interpretaciones, y su importancia radica en que varias leyes adoptadas por Panamá son convenios internacionales que tratan sobre salud radiológica, protección del medio ambiente, navegación, y otros temas más importantes que el Canal (Escoffery op Cit )

El Artículo 17 define la protección de los habitantes como garantía fundamental "Las autoridades de la República están instituidas para proteger en su vida, honra y bienes a los nacionales donde quiera se encuentren y a los extranjeros que estén bajo su jurisdicción, asegurar la efectividad de los derechos y deberes individuales y sociales, y cumplir y hacer cumplir la Constitución y la Ley"

El Título XIV de la Constitución en los artículos 309-317 trata sobre el Canal. Los artículos más importantes se resumen así:

Artículo 309 el uso del Canal está sujeto a la Constitución, la Ley y su Administración

Artículo 310 crea la ACP como autoridad jurídica autónoma en lo relacionado al Canal, incluyendo sus recursos y actividades en su área de operación

Artículo 317 convierte a la ACP en una entidad casi independiente de la Asamblea Legislativa

## 2 Tratado Concerniente a la Neutralidad Permanente del Canal y al Funcionamiento del Canal de Panamá

Aprobado por plebiscito el 23 de Octubre de 1977, en su artículo 3 1 d requiere que cada barco debe ser responsable por los daños que ocasione, sin embargo, personeros de la Autoridad del Canal de Panamá y de otras instancias del Ejecutivo nacional, aducen que el Estatuto de Neutralidad limita las facultades soberanas de la República de Panamá de prohibir los tránsitos de buques con desechos y material radiactivo Tales declaraciones no tienen fundamento ni en el derecho internacional consuetudinario, como tampoco en el derecho internacional convencional (Illueca (2001))

En primer término debemos recordar a la Autoridad del Canal y al Ejecutivo nacional, que en el caso del Canal de Panamá, Estados Unidos de América y Gran Bretaña, al suscribir el Tratado Hay-Pauncefote (1901), reconocieron el principio general de neutralización consignado en el artículo VIII del Tratado Clayton-Bulwer (1850) entre esos mismos países, y además, Estados Unidos adoptó en sustancia como base para la neutralización del Canal de Panamá, las mismas reglas incorporadas en la Convención de Constantinopla firmada el 28 de octubre de 1888 para la libre navegación por el Canal de Suez. Como antecedente jurídico, las reglas de neutralización establecidas para el Canal de Suez en la Convención de Constantinopla de 1888, fueron trasladadas y hechas efectivas en lo fundamental en el Tratado de Neutralidad Permanente del Canal de Panamá en 1977 (Illueca op Cit )

El Tratado de Neutralidad reconoce la importancia de que el Canal se mantenga abierto para el comercio y la necesidad de darle seguridad adecuada para que quede abierto al tránsito sin causar perjuicios a la salud humana, a los bienes y al ambiente natural

Así, en el artículo II del Tratado Concerniente a la Neutralidad Permanente del Canal, Panamá declara la neutralidad del Canal para que tanto en tiempo de paz como en tiempo de guerra, éste permanezca seguro y abierto para el tránsito pacífico de las naves de todas las naciones en términos de entera igualdad, de modo que no haya contra ninguna nación ni sus ciudadanos o

subditos discriminación concerniente a las condiciones o costes del tránsito ni por cualquier otro motivo y para que el Canal y consecuentemente el Istmo de Panamá, no sea objetivo de represalias en ningún conflicto bélico entre otras naciones del mundo (Illueca su Cit )

Agrega el artículo II que lo anterior quedara sujeto a los siguientes requisitos

- Al pago de peajes u otros derechos por el tránsito y servicios conexos, siempre que fueren fijados según lo estipulado en el artículo III, literal (c)
- Al cumplimiento de los reglamentos pertinentes, siempre que los mismos fueren aplicados según las estipulaciones del artículo III
- A que las naves en tránsito no cometan actos de hostilidades mientras estuvieren en el Canal
- Al cumplimiento de otras condiciones y restricciones establecidas en este tratado" (Tratado concerniente a la neutralidad permanente del Canal y al funcionamiento del Canal de Panamá (1977))

De lo antes mencionado, cabe destacar la potestad que tiene Panamá al tenor del literal d) del artículo III del Tratado de Neutralidad, de no permitir el tránsito por el Canal a las naves que previamente no asuman claramente la

responsabilidad financiera que les cabe, y constituir, antes de poder transitar por el Canal "las garantías para el pago de indemnización razonable y adecuada, consistente con las normas y prácticas internacionales, por los daños resultantes de actos u omisiones de esas naves al pasar por el Canal" (Illueca op Cit )

La mera lectura de los artículos II y III del Tratado de Neutralidad, deja sin piso las desafortunadas declaraciones vertidas en el sentido de que Panamá no puede prohibir el tránsito de buques con carga radiactiva. Siendo como es la primera condición y restricción establecida por el artículo II del Tratado de Neutralidad, que el Canal permanezca seguro y abierto, y procediendo como lo hace en forma inmediata a condicionar los principios de neutralidad permanente, al cumplimiento de los requisitos consignados en los literales a), b), c) y d) de ese mismo artículo, los cuales guardan indiscutiblemente relación con la preservación de su seguridad y funcionamiento, alcanzando igualmente la seguridad y protección que merecen más de un millón y medio de vidas humanas que integran la población del área metropolitana (Illueca op Cit )

No cabe duda, que la neutralidad permanente del Canal queda sujeta a los requisitos consignados en el artículo II, los cuales quedan íntimamente vinculados con las reglas que para la seguridad, eficiencia y mantenimiento apropiado del Canal consagra el artículo III del Tratado. No se trata de un derecho de tránsito y sin limitaciones o de una servidumbre internacional, como han pretendido alegar quienes exponen posiciones intransigentes que no toman



para nada en cuenta los intereses preeminentes de la República de Panamá, como son proteger la vida humana, la salud humana, la industria, el comercio, la agricultura, los bienes y el medio ambiente natural (Illueca su Cit )

Así, la neutralidad del Canal declarada por Panamá queda sujeta a que no se afecte la seguridad del Canal, que es la seguridad de Panamá y al "cumplimiento de los reglamentos pertinentes, siempre que los mismos fueren aplicados según las estipulaciones del artículo III" y al "cumplimiento de otras condiciones y restricciones establecidas en este tratado"

Con relación al tránsito de buques portadores cargas de materiales radiactivos o desechos nucleares, es evidente que quedan sometidos a las condiciones y restricciones a que antes hemos hecho referencia. Tales restricciones y limitaciones establecidas en el Tratado de Neutralidad de 1977, corresponden a la Declaración de Neutralidad del Canal hecha por Panamá en el Tratado, como soberano territorial, para que el Canal "permanezca seguro y abierto para el tránsito pacífico de las naves de todas las naciones en términos de entera igualdad", con sujeción a los requisitos y controles o condiciones razonables ya expuestos. Y estas condiciones razonables son precisamente las reglas enumeradas por el artículo III en su sección 1, las que Panamá debe aplicar para los fines de la seguridad, eficiencia y mantenimiento apropiado del Canal, y en conformidad con las cuales el artículo II sujeta y condiciona el régimen de neutralidad establecido en el Tratado (Illueca op Cit )

El Estado panameño, a través de la Autoridad del Canal debe exigir la cobertura de seguros prevista en el artículo III (d) del Tratado de Neutralidad, y no permitir que en las pólizas de seguro de transporte se excluyan los daños de la contaminación radiactiva, como se ha permitido en muchas ocasiones, y la Asamblea de Diputados debe en un plazo perentorio, en ejercicio de las potestades que le reconoce la Convención del Derecho del Mar tomar las acciones legislativas necesarias para implementar el eficaz cumplimiento a través de la Autoridad Marítima de Panamá (AMP) de las obligaciones internacionales que entrañan la salvaguarda y protección del medio ambiente marino y particularmente de la zona económica exclusiva y la plataforma continental de la República, tal como establece la Constitución Política de la República en su Artículo 317, que establece lo siguiente

Artículo 317 La Autoridad del Canal de Panamá y todas aquellas instituciones y autoridades de la República vinculadas al sector marítimo, formarán parte de la estrategia marítima nacional El Órgano Ejecutivo propondrá al Órgano Legislativo la Ley que coordine todas estas instituciones para promover el desarrollo socioeconómico del país (Constitución Política de la República de Panamá op Cit ))

Esto significa que con la creación de la Autoridad Marítima de Panamá, mediante el Decreto Ley 7 de 10 de febrero de 1998, se institucionaliza la

coordinación de todas aquellas instituciones y autoridades de la República vinculadas al sector marítimo y ostentará todos los derechos y privilegios que garanticen su condición de autoridad suprema para la ejecución de la Estrategia Marítima Nacional

Haciendo uso del derecho comparado, podemos mencionar que el Gobierno de Egipto, en forma responsable y de conformidad con el Régimen de Neutralidad de la Convención de Constantinopla, ha implementado el capítulo XVIII del Reglamento de Navegación del Canal de Suez. El mismo se refiere expresamente a los requisitos que deben cumplir los buques que cargan sustancias radiactivas, condicionando los mismos, *inter alia*, a que se presente cobertura de seguros sin limitación alguna en la suma total de responsabilidad, para compensar los daños potenciales de todo tipo, que pudiesen ser causados por las sustancias radiactivas a bordo. Egipto ha logrado de esa manera, que la ruta del Canal de Suez no sea utilizada por estos barcos radiactivos, a pesar de ser la ruta marítima más corta, dada la incapacidad de las empresas y gobiernos transportistas de lograr los afianzamientos pertinentes de las aseguradoras marítimas (Illueca op Cit )

Al suscribir Panamá el Tratado concerniente a la Neutralidad Permanente del Canal y al Funcionamiento del Canal de Panamá de 1977 estuvo muy lejos de pactar un compromiso internacional ajeno a las obligaciones derivadas de la Carta de las Naciones Unidas, de la Carta de la Organización de los Estados

Americanos y al Tratado para la Proscripción de las Armas Nucleares en América Latina, conocido como el Tratado de Tlatelolco. El Estado panameño tiene la jurisdicción y el control sobre las 188 millas marinas de su zona económica exclusiva, sobre su mar territorial que da acceso al Canal de Panamá y sobre la misma vía interoceánica. La jurisdicción abarca, además de las actividades realizadas dentro de las áreas marítimas y territoriales, las actividades sobre las cuales, en virtud del Derecho Internacional, el Estado panameño está autorizado a ejercer su competencia y autoridad (Illueca op Cit )

Es una conclusión irrefutable que el Tratado de Neutralidad sometido al análisis anterior y al prisma del derecho internacional no limita ni mucho menos le impide ejercer las facultades soberanas de la República de Panamá de prohibir el tránsito de buques con carga radiactiva por el Canal de Panamá

### 3 La Ley Orgánica de la Autoridad del Canal de Panamá (ACP)

La Autoridad del Canal de Panamá (ACP), creada mediante la Ley Orgánica 19 de 13 de junio de 1997, contiene varios artículos importantes para este estudio, que se resumen así:

Artículo 5 El objeto fundamental de las funciones reconocidas a la Autoridad, es que el canal siempre permanezca abierto al tránsito pacífico e ininterrumpido de las naves de todos los Estados del mundo, sin discriminación, de acuerdo con

las condiciones y requisitos establecidos en la Constitución Política, en los tratados internacionales, en esta Ley y en los reglamentos. Debido al carácter de servicio público internacional esencialísimo que cumple el canal, su funcionamiento no podrá interrumpirse por causa alguna.

#### Artículo 57. La Autoridad reglamentará

1 La navegación por el canal

2 El tránsito, la inspección y el control de las naves, así como todas las demás actividades relacionadas con la navegación en el canal y en los puertos adyacentes a éste, incluyendo la seguridad marítima, el practicaje y la concesión de licencias especiales para ejercer en el canal, a prácticos, oficiales y a operadores de naves y de otros equipos flotantes.

3 La prevención y el control de desastres, la disposición de desechos y descargas desde naves, principalmente industriales, el tránsito de carga peligrosa o que pueda causar daños ecológicos o de cualquier otra clase, el manejo de lastre, la remoción de desechos durante anclajes, la protección de la salud ambiental y la realización de estudios sobre el impacto ambiental de obras que se proyecten realizar con relación al canal.

4 La cobertura de seguros que deben tener las naves que transiten por el canal en razón de la responsabilidad que resulte por el daño que éstos causen al canal, a su patrimonio, a sus trabajadores o a terceros

Artículo 58 Toda nave o embarcación que transite o se desplace por las aguas del canal, los fondeaderos, los atracaderos y los puertos adyacentes a éste, estará sujeta a las órdenes y a la supervisión del control de tráfico de la Autoridad, de conformidad con los reglamentos

Artículo 120 La reglamentación que adopte la Autoridad sobre los recursos hídricos de la cuenca hidrográfica del canal tendrá, entre otras, las siguientes finalidades

1 Administrar los recursos hídricos para el funcionamiento del canal y el abastecimiento de agua para consumo de las poblaciones aledañas

2 Salvaguardar los recursos naturales de la cuenca hidrográfica del canal y, en especial, de las áreas críticas, con el fin de evitar la disminución en el suministro de agua indispensable a que se refiere el numeral anterior

Artículo 127 Toda infracción de las disposiciones de la presente Ley o de los reglamentos, relativas a las normas de seguridad de la navegación por el canal, será sancionada por la Autoridad con multa de hasta un millón de balboas

(B/ 1,000,000 00) Para la determinación del importe de las sanciones, se tendrá en consideración

- 1 Si se trata de persona natural o jurídica
- 2 La naturaleza de la falta y su mayor o menor gravedad
- 3 La reincidencia del infractor
- 4 Las circunstancias atenuantes o agravantes en que se cometa la infracción

El reglamento determinará la tipificación de los hechos sancionables y el procedimiento correspondiente. Las sanciones a que se refiere este artículo, se aplicarán sin perjuicio de las responsabilidades, civiles o penales, que se deriven de los hechos sancionados.

Artículo 134 Cuando exista conflicto entre lo estipulado en esta Ley o en los reglamentos que en desarrollo a ella se dicten, y cualquier ley, norma legal o reglamentaria o contrato-ley de concesión o de otra índole en que sea parte o tenga interés el Estado, directamente o a través de alguna de sus entidades o empresas, distinta de la Autoridad, sea de carácter general o especial, nacional o municipal, la Ley Orgánica de la Autoridad y sus reglamentos tendrán prelación.

Es importante resaltar, que el artículo 317 de la Constitución restringe las leyes de la Asamblea Legislativa sobre el Canal a consideraciones generales, y

el artículo 134 de la Ley Orgánica le da prelación a sus Reglamentos sobre las demás leyes. En otras palabras, la ACP es prácticamente independiente del resto del Gobierno: un cuarto poder, o cual indudablemente, es una aberración y absurdo jurídico, creer que el Canal de Panamá es un territorio independiente como lo era en los tiempos de administración Estadounidense, muy por el contrario, con la reivindicación histórica que conllevó una lucha generacional de muchos años, se logró la reversión del Canal de Panamá y todas las zonas que formaban parte de su funcionamiento a la República de Panamá, por ende es de todos los panameños y no de un grupúsculo minúsculo o una casta presuntuosa que decide unilateralmente los destinos del mismo, es un deber de Estado regular esta materia.

#### 4 Los Reglamentos del Canal de Panamá

Tienen prelación sobre las demás leyes, por lo que mencionaremos los artículos más importantes relacionados con la materia que nos atañe, y tratan los siguientes temas:

- a Reglamento de Protección y Vigilancia (Acuerdo No. 5 de 1999)

Establece

Sección Segunda, Medidas de Contingencia, Artículo 13



“El Administrador está facultado para encargarse del manejo y ejecución de planes para situaciones de contingencia, a fin de prevenir y controlar hechos que pudieran poner en peligro el tránsito por el Canal, el patrimonio bajo la responsabilidad de la Autoridad y la integridad de las personas ”

**b    Reglamento de Atención a Situaciones de Emergencia**  
**(Acuerdo No 10 de 1999)**

**Establece**

**Artículo 8** “El Administrador está facultado para encargarse de la elaboración y ejecución de planes de contingencia para resolver situaciones de emergencia tales como incendios, derrames o escapes de hidrocarburos o materiales peligrosos de buques en tránsito, y rescates y emergencias médicas a bordo de buques y equipo flotante, a fin de prevenir y controlar situaciones que pudieran poner en peligro el funcionamiento del Canal o el tránsito de los buques por sus aguas

**Artículo 10** “Se podrá exigir a cualquier persona que se considere responsable, el reembolso de los gastos incurridos en la investigación o en la contención, recuperación, almacenamiento y disposición final de los derrames causados por hidrocarburos y otras sustancias nocivas, originados por incidentes, accidentes, negligencia, falta de medidas de control o deficiencias del sistema de

almacenajes y transporte de los mismos, sin perjuicio de las acciones civiles, administrativas o penales que correspondan ”

c    Reglamento de Control de Riesgos de Salud Ocupacional  
(Acuerdo No 12 de 1999)

Establece

Art 3 2 Programa de control de riesgos para proteger la vida, salud y seguridad de los empleados

Art 19 Planes de emergencia y contingencia

d    Reglamento para la Navegación en Aguas del Canal de  
Panamá (Acuerdo No 13 de 1999) y su modificación

Establece

Articulo 9 Con el objeto de proteger el funcionamiento del Canal, la Autoridad tiene la responsabilidad de coordinar la prevención y control de los hechos, actos y accidentes de naturaleza peligrosa que ocurran durante la navegación por las aguas del Canal, incluidos los siguientes casos

1    Desastres, principalmente derrame de hidrocarburos y otras sustancias nocivas

- 2 Eliminación de desperdicios
- 3 Echazón, principalmente de tipo industrial
- 4 Tránsito de mercancía peligrosa
- 5 Manejo de lastre

Artículo 139 "Los buques que transporten mercancías radioactivas deberán presentar documentacion reciente que pruebe su solvencia económica para indemnizar a la República de Panamá, la Autoridad o cualquier dependencia de los mismos por los daños y pérdidas resultantes en caso de accidente debidas a la mercancía radioactiva

Artículo 151 Las infracciones serán sancionadas de acuerdo con su gravedad, así

1 Infracciones leves, con multas de cien balboas hasta diez mil balboas (B/ 100 00 - B/ 10,000 00)

2 Infracciones graves, con multas de diez mil un balboas hasta cien mil balboas (B/ 10,001 00 - B/ 100,000 00)

3 Infracciones muy graves, con multas de cien mil un balboas hasta un millón de balboas (B/ 100,000 00 - 1, 000,000 00)

Acuerdo No 99 (de 26 de mayo de 2005) "Por el cual se modifica el reglamento para la navegación en aguas del Canal de Panamá"

Artículo segundo Se modifica el artículo 136 del Reglamento para la Navegación en Aguas del Canal de Panama, el cual quedara así

"Artículo 136 Las aguas del Canal se considerarán país en ruta cuando se trate del transporte de sustancias radiactivas para los fines del aviso previo y del permiso al buque para transitar con dichas sustancias abordo "

**LA AUTORIDAD ÚNICAMENTE OTORGA O RECHAZA PERMISOS PARA ESTE TIPO DE TRÁNSITOS POR EL CANAL DE PANAMÁ, POR LO QUE SE REQUIERE ADVERTIR QUE NO ES LA AUTORIDAD QUIEN APRUEBA SU CARGAMENTO.** (El subrayado y negrita es nuestro)

- e Reglamento sobre Medio Ambiente, Cuenca Hidrográfica y Comisión Interinstitucional de la Cuenca Hidrográfica  
(Acuerdo No 16 de 1999)

Establece

**Art 1 Protección de la cuenca**

**Art 3 El Administrador es responsable de aplicar las normas ambientales del Reglamento**

**Art 4 Define el término "evaluación sobre el impacto ambiental"**

**Art 40 3 Supervisar manejo adecuado de la cuenca para minimizar impactos negativos**

El Canal y su operación están basados en el Título XIV de la Constitución, el Tratado de Neutralidad, su Ley Orgánica y sus Reglamentos. En conjunto, éstos hacen a la ACP una entidad casi independiente del resto del Gobierno, asumiendo muchas de las responsabilidades de otras autoridades. La ACP es la responsable por la operación eficiente del Canal y el cumplimiento de la Constitución, la Ley y sus Reglamentos dentro de su área de operación. Esto incluye el requisito de un estudio de impacto ambiental de sus actividades, medidas preventivas, planes de contingencia, y la garantía financiera por parte de los usuarios por cualquier daño que puedan causar. Sin embargo, por encima de la Ley Orgánica y sus Reglamentos, el Canal de Panamá, es parte de la República de Panamá, la cual tiene derechos y obligaciones internacionales incuestionables derivados de Convenios Internacionales suscritos de prevenir daños humanos o ambientales que puedan derivarse del tránsito de estos barcos.

con desechos y material radiactivo por el Canal, veamos a continuación algunos de estas normas internacionales adoptadas por nuestro país

D        Normas Internacionales y nacionales de la República de Panamá relacionadas con el transporte de material radiactivo y desechos nucleares a través de Canal de Panamá

Vamos a analizar algunos Convenios internacionales relacionados con el tema objeto de esta investigación, a fin de deslindar derechos y obligaciones para la República de Panamá, como parte de los mismos

# 1        Convención de las Naciones Unidas sobre el Derecho del Mar, (CONVEMAR)

La Convención de las Naciones Unidas sobre el Derecho del Mar que entro en vigor en noviembre de 1994 y que fuera aprobada por la Asamblea Legislativa mediante la ley N°38 de 4 de junio de 1996, tiene el mérito de haber codificado y reformulado las normas consuetudinarias y de desarrollo progresivo del derecho internacional sobre el derecho del mar. Panamá tiene jurisdicción y competencia para ejercer sus derechos de vigilancia y evaluación ambiental en la zona económica exclusiva (ZEE), reconocida por la parte V de la CONVEMAR y que se extiende hasta 200 millas marinas, contadas desde las líneas de base a partir de las cuales se mide la anchura del mar territorial

El artículo 56 de la Convención relativo a "Derechos, jurisdicción y deberes del Estado ribereño en la zona económica exclusiva", que es declarativo de la ley internacional vigente establece que

1 En la zona económica exclusiva, el Estado ribereño tiene

a) Derechos de soberanía para los fines de exploración y explotación, conservación y administración de los recursos naturales, tanto vivos como no vivos, de las aguas suprayacentes al lecho y del lecho y el subsuelo del mar, y con respecto a otras actividades con miras a la explotación y exploración económicas de la zona, tal como la producción de energía derivada del agua, de las corrientes y de los vientos

b) Jurisdicción, con arreglo a las disposiciones pertinentes de esta Convención con respecto a

i) El establecimiento y la utilización de islas artificiales, instalaciones y estructuras

ii) La investigación científica marina

iii) La protección y preservación del medio marino

Complementando lo anterior, el artículo 73 referente a la “Ejecución de leyes y reglamentos del Estado ribereño”, dice lo siguiente

1 El Estado ribereño, en el ejercicio de sus derechos de soberanía para la exploración, explotación, conservación y administración de los recursos vivos de la zona económica exclusiva, podrá tomar las medidas que sean necesarias para garantizar el cumplimiento de las leyes y reglamentos dictados de conformidad con esta Convención, incluidas la visita, la inspección, el apresamiento y la iniciación de procedimientos judiciales

Y como corolario necesario de lo anterior, la convención establece en su parte XII “Protección y Preservación del Medio Marino” la obligación general (artículo 192) que tienen los Estados de proteger y preservar el medio marino

Merece especial atención la sección 5 de la Convención del Mar, que se refiere a las Reglas Internacionales para prevenir, reducir, y controlar la contaminación del Medio Marino, que en su artículo 194 Medidas para prevenir, reducir y controlar la contaminación del medio marino, establece lo siguiente

1 Los Estados tomarán, individual o conjuntamente según proceda, todas las medidas compatibles con esta Convención que sean necesarias para prevenir, reducir y controlar la contaminación del medio marino procedente de cualquier fuente, utilizando a estos efectos los medios más viables de que dispongan y en



la medida de sus posibilidades, y se esforzarán por armonizar sus políticas al respecto

2 Los Estados tomarán todas las medidas necesarias para garantizar que las actividades bajo su jurisdicción o control se realicen de forma tal que no causen perjuicios por contaminación a otros Estados y su medio ambiente, y que la contaminación causada por incidentes o actividades bajo su jurisdicción o control no se extienda más allá de las zonas donde ejercen derechos de soberanía de conformidad con esta Convención

3 Las medidas que se tomen con arreglo a esta parte se referirán a todas las fuentes de contaminación del medio marino. Estas medidas incluirán, entre otras, las destinadas a reducir en el mayor grado posible

a) La evacuación de sustancias tóxicas, perjudiciales o nocivas, especialmente las de carácter persistente, desde fuentes terrestres, desde la atmósfera o a través de ella, o por vertimiento

b) La contaminación causada por buques, incluyendo en particular medidas para prevenir accidentes y hacer frente a casos de emergencia, garantizar la seguridad de las operaciones en el mar, prevenir la evacuación intencional o no y reglamentar el diseño, la construcción, el equipo, la operación y la dotación de los buques

c) La contaminación procedente de otras instalaciones y dispositivos que funcionen en el medio marino, incluyendo en particular medidas para prevenir accidentes y hacer frente a casos de emergencia, garantizar la seguridad de las operaciones en el mar y reglamentar el diseño, la construcción, el equipo, el funcionamiento y la dotación de tales instalaciones o dispositivos

4 Entre las medidas que se tomen de conformidad con esta parte figurarán las necesidades para proteger y preservar los ecosistemas raros o vulnerables, así como el hábitat de las especies y otras formas de vida marina diezmada, amenazada o en peligro

Las normas de la Convención de las Naciones Unidas sobre el Derecho del Mar mencionadas, establecen claramente los derechos y obligaciones internacionales que tiene Panamá como Estado parte del ordenamiento legal de los océanos, y que bajo ningún pretexto la Autoridad del Canal, ni el Ejecutivo Nacional pueden desconocer. La práctica de los Estados ribereños, como Panamá, en armonía con la ley internacional del mar, pone en evidencia la facultad de los Estados ribereños a rechazar y prohibir estos ultra peligrosos transportes nucleares por sus mares territoriales y sus zonas económicas exclusivas, aunado a las obligaciones internacionales de prevenir y salvaguardar el medio ambiente marino en un marco de cooperación interestatal (Illueca op Cit )

En defensa de sus derechos soberanos reconocidos por el Derecho Internacional y de conformidad con la Convención de las Naciones Unidas sobre el Derecho del Mar, Argentina, Bolivia, Brasil, Costa Rica, Chile, Paraguay, Uruguay, Nueva Zelandia, los Estados de los grandes espacios marinos de Oceanía y del Pacífico Sur, los Estados integrantes del MERCOSUR, Grupo de Río, la Asociación de Estados del Caribe, el Parlamento Centroamericano, en distintas fechas, con evidente incidencia en cuanto al tránsito por el Canal de Panamá de buques con desechos radiactivos, han ejercido y adelantado en forma consistente prácticas, declaraciones, pronunciamientos, reglamentaciones, decisiones judiciales y actuaciones rechazando en tránsito de dichos cargamentos, por su zona económica exclusiva y por su mar territorial (Illueca Op Cit )

De trascendental importancia, es el reconocimiento hecho a las facultades que le otorga a los Estados ribereños como Panamá, el orden jurídico internacional del mar. El Poder Judicial de la nación Argentina hizo patente en la sentencia de 10 de enero de 2001, "que la Convención de las Naciones Unidas sobre el Derecho del Mar, que la Argentina aprobó mediante la ley 24,543, también le confiere amplias potestades para prevenir contingencias que tengan aptitud de producir un daño ecológico irreversible en el hábitat de nuestro mar territorial y zona económica exclusiva". La Corte de Apelaciones de la Argentina, en este fallo que merece ser un espejo en que se reflejen los deberes de los

órganos de Gobierno del Estado panameño, llegó a la conclusión de que, “dentro del marco de apreciación sumaria propia de la cognición cautelar se advierte la verosimilitud del derecho invocado conforme lo requerido por el artículo 230 del Código Procesal Civil y Comercial de la Nación argentina (CPCCN), resolvió “ordenar al Poder Ejecutivo Nacional que con la intervención de los órganos competentes y mediante los procedimientos que correspondan se prohíba el ingreso al territorio nacional y aguas jurisdiccionales al buque Pacific Swam (Illueca su Cit )

La Convención de las Naciones Unidas sobre el Derecho del Mar, le confiere a Panamá como Estado parte de esa Convención, facultades de observar, medir, evaluar y, analizar mediante métodos científicos reconocidos, los riesgos de contaminación del medio marino y, desde luego, del Canal de Panamá y de la población panameña que lo circunda. El artículo 206 de la Convención determina que los Estados que tengan motivos razonables para creer que las actividades proyectadas bajo su jurisdicción o control pueden causar una contaminación considerable del medio marino u ocasionar cambios ambientales importantes y perjudiciales, evaluarán los efectos potenciales de esas actividades en el medio marino (Illueca Su Cit )

Todo lo anterior implica un reconocimiento de las potestades que está en capacidad de ejercer como país ribereño, el Gobierno de Panamá y la Autoridad del Canal de conformidad con el derecho internacional del mar. Adicionalmente,

si bien es cierto que el derecho internacional reconoce que los buques de todos los Estados gozan del derecho de paso inocente a través del mar territorial, la misma CONVEMAR en su artículo 19 advierte que el paso es inocente mientras no sea perjudicial para la paz, el buen orden o la seguridad del Estado ribereño (Illueca su Cit )

El peligro que entraña el tránsito de barcos con desechos radiactivos para los Estados ribereños, es de tal magnitud, que queda plenamente justificada la tipificación que hace el artículo 19, en el sentido de que por los riesgos y perjuicios que representa el referido tránsito, dicho derecho de paso inocente por el mar territorial, así como la libertad de navegación por la zona económica exclusiva quedan privadas de efectividad Así lo demuestra la práctica de los Estados que actuando con la convicción de que están cumpliendo con una obligación jurídica (*opinio juris sive necessitatis*) de preservar el medio marino y su seguridad, le han cerrado el paso a dichos tránsitos

Sin embargo, al examinar el artículo 23 de la Convención, que se refiere al paso inocente por el mar territorial de buques extranjeros de propulsión nuclear de buques que transporten sustancias nucleares u otras sustancias intrínsecamente peligrosas o nocivas, se desprende que el derecho internacional le reconoce el derecho de paso inocente por el mar territorial a los buques que transporten sustancias nucleares Textualmente dice Al ejercer el derecho de paso inocente por el mar territorial, los buques extranjeros de propulsión nuclear

y los buques que transporten sustancias nucleares (por supuesto que se incluyen los desechos radiactivos) u otras sustancias intrínsecamente peligrosas o nocivas deberán tener a bordo los documentos y observar las medidas especiales de precaución que para tales buques se hayan establecido en acuerdos internacionales

Pero la situación jurídica de la República de Panamá y su canal, que forma parte de sus aguas interiores, es única y distinta a la de los demás Estados ribereños, dado el hecho de que al pasar de dichos buques no solamente atraviesan la ZEE panameña, sino además el mar territorial panameño y las aguas interiores panameñas, que incluyen el golfo de Panamá, bahía histórica (Illueca op Cit )

Aunque un sector de la doctrina internacionalista considerase dichos pasos como no inocentes, los transportistas de dichas cargas y los Estados exportadores e importadores de desechos nucleares, pudiesen intentar una demanda contra la República de Panamá al prohibir dichos tránsitos, por una supuesta violación al derecho de paso inocente a través del mar territorial y a la libertad de navegación

La prohibición del tránsito de cargas radioactivas por las "aguas interiores" de la República que abarcan todas las zonas de agua situadas en el interior de la línea de base del mar territorial, le imprime una irrefutable fuerza

jurídica y moral a una acción legislativa que prohíba estos tránsitos, que en el caso panameño comprende en las referidas aguas interiores el golfo de Panamá, bahía histórica (Illueca op Cit )

El derecho internacional reconoce que las aguas interiores son parte del territorio nacional y no admite derecho de paso inocente ni libertad de navegación a través de las mismas. Es pertinente mencionar que el Gobierno de la República de Panamá al presentar a la Secretaría General de las Naciones Unidas, por conducto de su Misión Permanente, el Instrumento de Ratificación de la Convención de las Naciones Unidas sobre el Derecho del Mar de 1982, hizo una declaración formal referente al golfo de Panamá, bahía histórica, que contiene la descripción hecha originalmente por Ángel Rubio y que fue formulada por la Misión entonces a cargo del Dr. Jorge E. Illueca, con los ajustes que en consulta con el Instituto Geográfico Nacional Tommy Guardia y el Instituto de Geografía de la Universidad de Panamá, fue presentada a la Cancillería y aprobada por el entonces canciller Ricardo Alberto Arias, lo cual significó además un tributo de honor a la memoria del profesor Ángel Rubio. La declaración es la siguiente:

"La República de Panamá al depositar su Instrumento de Ratificación de la Convención de las Naciones Unidas sobre el Derecho del Mar (aprobada por medio de la Ley No 38 de 4 de junio de 1996 y promulgada en la Gaceta Oficial No 23,056 del 12 de junio de 1996), declara que es de su soberanía exclusiva el

golfo de Panamá, por su carácter de “bahía histórica panameña, cuyas costas en su integridad pertenecen a la República de Panamá, bajo una configuración geográfica bien determinada, por ser una gran escotadura o seno situada al sur del Istmo de Panamá, donde aguas marinas suprayacentes al lecho y al subsuelo del mar, encierran el área comprendida entre las latitudes geográficas de los 07° 28'00" norte y los 07° 31'00" norte, y las longitudes geográficas de los 79° 59'53" y 78° 11'40", ambas al oeste de Greenwich, que determinan la ubicación de Punta Mala y Punta Jaqué respectivamente, al oeste y este de la entrada del golfo de Panamá. Esta gran escotadura penetra bastante en la tierra firme del istmo panameño (Illueca op Cit )

La anchura de su entrada, desde Punta Mala a la Punta de Jaqué es de unos doscientos kilómetros (200 kilómetros) y su penetración en tierra firme (contada desde la línea imaginaria que une Punta Mala con Punta Jaqué hasta las bocas del río Chico, al este de la ciudad de Panamá) es de ciento sesenta y cinco kilómetros (165 kms). “El golfo de Panamá, bahía histórica, constituye por sus recursos actuales y potenciales una necesidad vital para la República de Panamá, tanto en lo que concierne desde tiempo inmemorial a su seguridad y a su defensa como en lo que atañe a la esfera económica, ya que sus recursos marinos han sido desde muy antiguo utilizados por los habitantes del istmo panameño. “De forma oblonga, cuyo entorno litoral semeja aproximadamente la de una cabeza de ternero, presenta un perímetro costero bajo el dominio marítimo de Panamá, de unos seiscientos sesenta y ocho kilómetros (668 kms)



Bajo esta delimitación el golfo de Panamá, bahía histórica, es de una superficie que, aproximadamente, se acerca a los treinta mil kilómetros cuadrados (30,000 Kms) (Illueca op Cit )

igualmente, las leyes N°18, de 18 de noviembre de 1977 y la N°5, de 5 de noviembre de 1981 que aprobaron los Tratados sobre Delimitación de Áreas Marinas y Submarinas entre Panamá y Colombia y entre Panamá y Costa Rica, respectivamente, en que los dos países limítrofes de Panamá, esto es Colombia y Costa Rica, en el artículo III de esos tratados hicieron reconocimiento expreso del carácter de bahía histórica del gran golfo de Panamá reviste gran importancia para la incontestabilidad de dicho carácter Colombia y Costa Rica declararon que no objetan lo dispuesto al respecto por la República de Panamá mediante su ley N°9 de 30 de enero de 1956

El derecho internacional contemporáneo le da el carácter de aguas interiores al golfo de Panamá, bahía histórica El concepto está consagrado por los más eminentes internacionalistas El pronunciamiento más reciente figura en el Tratado de Derecho Internacional de Lori Fisler Damrosch, Louis Henkin, Richard Crawford Pugh, Oscar Schachter y Hans Smit, profesores de Derecho de la Universidad de Columbia, en Nueva York Expresan de modo transparente que "si un área del mar reúne los requisitos legales para ser considerada una bahía, se clasifica como aguas interiores y en tal circunstancia

no existe el derecho de paso inocente por esas aguas interiores" (Crawford et Al (2001))

La prohibición del tránsito por el territorio nacional, el cual incluye por supuesto las aguas interiores, por razones de seguridad y de prevenir su destrucción, está plenamente fundado en el derecho a la legítima defensa reconocida en la Carta de las Naciones Unidas. Basta mencionar al respecto, que durante las dos guerras mundiales el Reino Unido justificó medidas de seguridad tomadas en el Canal de Suez como necesarias para prevenir su destrucción, y después de 1948, Egipto fundamentó restricciones tomadas contra Israel sobre la base de su derecho inherente a la legítima defensa (Illueca op Cit )

Por todo lo anterior, el Estado panameño puede prohibir el tránsito de algunos materiales radiactivos por el territorio de la Republica" y adicionalmente se adoptar medidas dirigidas a que cese el tránsito por la zona económica exclusiva y por el mar territorial de naves con cargamentos de desechos nucleares radiactivos mientras no se establezcan y se cumplan (Illueca op Cit )

a) la verificación de un estudio de impacto ambiental para establecer los riesgos de contaminación y la evaluación de los efectos potenciales del tránsito de buques con cargas de desechos radiactivos por la zona económica exclusiva, y las aguas territoriales, a los que se refiere en sus artículos 204, 205 y 206 la Convención de las Naciones Unidas sobre el Derecho del Mar

b) cobertura de seguros sin limitación alguna en la suma total de responsabilidad, pagada por la industria y los gobiernos involucrados en el embarque de desechos nucleares radiactivos, para compensar los daños potenciales de todo tipo, incluyendo los costos de las medidas preventivas

## 2 El Código de práctica sobre el Movimiento Transfronterizo Internacional de Desechos Radiactivos de la OIEA

Dentro del sistema de las Naciones Unidas, el Organismo Internacional de la Energía Atómica (OIEA), establecido en 1957, es a nivel mundial el foro intergubernamental central para la cooperación científica y técnica en materia de utilización de la energía nuclear con fines pacíficos. La OIEA, además de ayudar a los Estados a verificar su cumplimiento de los tratados internacionales cuyo objetivo es evitar que los materiales nucleares se desvíen hacia fines militares, tiene una responsabilidad fundamental en materia de seguridad nuclear a nivel mundial (Escoffery (2001))

El organismo da asistencia técnica a sus 127 Estados miembros, incluyendo a la República de Panamá, elabora normas de seguridad básica para la protección contra la radiación y publica reglamentos y código de práctica sobre determinados tipos de operaciones, incluido el transporte sin riesgo de materiales radiactivos, como también presta asistencia de emergencia a los

Estados miembros en casos de accidentes de radiación En su reunión anual de septiembre de 1990, la Conferencia General de la OIEA adoptó el Código de la Práctica sobre el Movimiento Transfronterizo Internacional de Desechos Radiactivos, con el propósito de llenar el vacío dejado por el Convenio de Basilea sobre el Control de los Movimientos Transfronterizos de los Desechos Peligrosos y su Eliminación (1989) (Escoffery (2001))

El Código de práctica sobre el Movimiento Transfronterizo Internacional de Desechos Radiactivos de la OIEA, en su sección III, de modo incontestable, sin dejar espacio a la hermenéutica, y en forma que no deja lugar a dudas, reconoce a cada Estado el derecho soberano a prohibir el movimiento de desechos radiactivos dentro, desde o a través de su territorio *Ad literam* dice Todo Estado tiene el derecho soberano de prohibir el movimiento de desechos radiactivos dentro, desde o a través de su territorio (Escoffery (2001))

Esta norma de derecho internacional general, cuya existencia pretenden desconocer aquellos que dentro y fuera de Panamá, se han constituido en defensores del tráfico que genera el negocio de la exportación-importación de desechos nucleares, aparece en el citado Código de la OIEA, y su mera lectura debería bastar para que el ciudadano panameño responsable y no letrado, se percate de que las medidas que con este propósito ponga en práctica el Gobierno panameño, están en completa armonía con el derecho internacional contemporáneo, con la Convención de las Naciones Unidas sobre el Derecho del

Mar, con la Declaración de Estocolmo (1972), con la Declaración de Río y la Agenda 21, con el Tratado de Neutralidad Permanente de 1977, con el Régimen Anti-Terrorismo de Estados Unidos (Orden ejecutiva N° 13224, 66 Fed Reg 49079, Sept 23, 2001), con el Régimen Anti-Terrorismo de la Unión Europea y con el Régimen Antiterrorismo global de las Naciones Unidas que se compendia en la Resolución 1373 (2001) aprobada por el Consejo de Seguridad el 28 de septiembre de 2001, que entre otras cosas exhortó a todos los Estados a "fomentar la cooperación y aplicar plenamente los convenios y protocolos internacionales pertinentes relativos al terrorismo, así como las resoluciones del Consejo de Seguridad 1269" (1999) y 1368 (2001) (Organismo Internacional de Energía Atómica (1990)

### 3 La Declaración de Estocolmo

La Declaración Universal de Derechos Humanos de la Organización de Naciones Unidas, en su artículo 3 dice "Todo individuo tiene derecho a la vida, a la libertad y a la seguridad de su persona, " y en esa misma dirección se enfoca a Declaración de la Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Medio Humano de 1972, fue uno de los primeros documentos prácticos a nivel global, en el cual se estableció el medio ambiente saludable como parte de los derechos fundamentales de las personas, y definió la necesidad de su protección como responsabilidad de los Estados, para las generaciones presentes y futuras (Escoffery (2001))

#### 4 La Declaración de Río

La Declaración de Río sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo de 1992, se basó en la Declaración de Estocolmo, para establecer una alianza de cooperación y convenios internacionales entre los Estados, para la protección de la integridad del ambiente y del desarrollo mundial. Hoy existen varios instrumentos legales contra la contaminación de petróleo y desechos tóxicos, y otros instrumentos a nivel regional que aprovechan la soberanía de los países para prohibir la importación y tránsito de desechos peligrosos a través de sus territorios, que son (Escoffery (2001))

- ◆ Convenio de Bamako (1991, África)
- ◆ Convenio SPREP (1986, Pacífico Sur)
- ◆ Convenio de Waigani (1995, Pacífico Sur)
- ◆ Convenio de Atenas (1980, Mediterráneo)
- ◆ Convenio de Barcelona (1995, Mediterraneo)

En general, estos documentos exigen un estudio de impacto ambiental y establecen medidas para proteger el ambiente, especialmente de los desechos peligrosos. Cada Estado es responsable de preservar el ambiente marino en su mar territorial y su ZEE. En caso de riesgos en aguas internacionales, los grupos regionales pueden tomar medidas aunque, si el riesgo lo amerita, los

Estados pueden actuar individualmente Hay vanos precedentes de actuación unilateral por parte de Estados sobre actividades fuera de su mar territorial, cuando éstas representan un peligro para el ambiente dentro de sus territorios (Escoffery (2001))

## 5 El Convenio del pacífico sudeste

Incluye

- La Ley 4 de 1986 Convenio para la Protección del Medio Marino y Área Costera del Pacífico Sudeste
- Ley 6 de 1986 Acuerdo sobre la Cooperación Regional para el Combate contra la Contaminación del Pacífico Sudeste por Hidrocarburos y otras Sustancias Nocivas
- Ley 5 de 1986 Protocolo Complementario del Acuerdo sobre la Cooperación Regional para el Combate contra la Contaminación del Pacífico Sudeste por Hidrocarburos y otras Sustancias Nocivas
- Ley 20 de 1990 Protocolo para la Protección del Pacífico Sudeste contra la Contaminación Radioactiva

- Ley 11 de 1991 Protocolo para la Conservación y Administración de las Áreas Marinas y Costeras Protegidas del Pacífico Sudeste

Este convenio obliga a

- Evaluar las repercusiones en el medio ambiente de la ejecución de proyectos que puedan ocasionar una contaminación considerable (Ley 4, art 8)
- Promover y establecer planes y programas de contingencia (Ley 6, art 4)
- Preparar un plan nacional de contingencia y programas de entrenamiento (Ley 5, art II y III)
- Preparar medidas para evitar la contaminación (Ley 20, art III)
- Realizar estudios de impacto ambiental de toda acción que pueda generar adversos sobre las áreas protegidas (Ley 11, art VIII) (Escoffery (2001))

## 6 La Autoridad Marítima de Panamá

La Autoridad Marítima de Panamá (AMP) fue establecida por el Consejo



de Gabinete mediante el Decreto 7 de 1998, con todos los derechos y privilegios que garanticen su condición de autoridad suprema para la ejecución de la "Estrategia Marítima Nacional", incluyendo ejercer los derechos y cumplir con las responsabilidades de CONVEMAR. Entre sus funciones están

- Proteger los mares y aguas internas
- Administrar y conservar los recursos marinos y costeros
- Velar por el estricto cumplimiento de CONVEMAR y demás instrumentos internacionales del sector marítimo

La República de Panamá, a través de la AMP, mediante la Ley 7 de 27 de octubre de 1977, adoptó el Convenio Sobre Seguridad de la Vida Humana en el Mar 1974 (SOLAS), el cual mediante su procedimiento de enmiendas tácitas, incluyó a través de la Resolución MSC 122(75) y MSC 123 (75) del 24 de mayo de 2002, del Comité de Seguridad Marítima de la OMI, el Código IMDG como obligatorio a partir de enero de 2004, sin embargo, no fue hasta el 13 de diciembre de 2007 que la AMP, mediante la Resolución de la Dirección de Marina Mercante No 106-OMI-13-DGMM, que reconoce dicho Código

Igual situación ocurrió con el Código CNI, el cual fue adoptado en el SOLAS y se convirtió en obligatorio desde enero del 2001, mediante las Resoluciones MSC 87 (71) y MSC 88 (71) del Comité de Seguridad Marítima de la OMI el 27 de mayo de 1999, el cual fue reconocido por la AMP, el 13 de

diciembre de 2007, mediante la Resolución de la Dirección de Marina Mercante No 106-OMI-19-DGMM

Lo antes expuesto, nos lleva a colegir, que existía un limbo jurídico en cuanto a la aplicación de estos Convenios Internacionales, y que tomando en consideración el criterio antes mencionado de que la ACP únicamente otorga o rechaza permisos para este tipo de tránsitos por el canal de Panamá, mas no aprueba su cargamento, quien era el responsable de aplicar la normativa internacional al respecto

Afortunadamente, en virtud del Plan de Auditorías Voluntarias de los Estados miembros de la OMI y el CÓDIGO PARA LA IMPLANTACIÓN DE LOS INSTRUMENTOS OBLIGATORIOS DE LA OMI (Resoluciones A 973 (24) de 2005, A 996 (25) de 2007, A 1019 (26) de 2009 y A 1054 (27) de 2011), en donde se establece que los Estados son los principales responsables de habilitar un sistema idóneo y eficaz que permita supervisar a los buques que tienen derecho a enarbolar su pabellón, y de garantizar que cumplen la reglamentación internacional pertinente relativa a la seguridad y la protección marítima y la protección del medio marino y que en su calidad de Estados rectores de puertos y de Estados ribereños, tienen otras obligaciones y responsabilidades en virtud del derecho internacional aplicable, con respecto a la seguridad y la protección marítima y la protección del medio marino, implantar y hacer cumplir dichos instrumentos plena y eficazmente. Estableciendo además,

que cuando un convenio nuevo o enmendado entra en vigor en un Estado, su Gobierno debe estar dispuesto a implantar y hacer cumplir sus disposiciones mediante la legislación nacional apropiada y a habilitar la infraestructura necesaria para la implantación y el cumplimiento. Se adoptaron tanto el Código IMDG como el Código CNI, incorporándolos a la legislación nacional.

Sin embargo, con respecto a un incidente con materiales radiactivos, la AMP, no cuenta con planes de contingencia en los puertos, aguas internas, el mar territorial y la ZEE.

## 7 La Ley General de ambiente

La Ley 41 de 1998 se promulgó después de la Ley Orgánica de la ACP (1997) y es explícita en cuanto a su aplicación en el Canal. Esta ley incorpora los conceptos modernos de protección del ambiente, incluyendo a los seres humanos, y confirma la autoridad del Ministerio de Salud al respecto. Los artículos principales se resumen así (Ley general del ambiente de la República de Panamá (1998))

Artículo 9 Exige que se haga una consulta pública

Artículo 23 Las actividades de riesgo requieren un estudio de impacto ambiental previo, incluyendo en el Canal

**Artículo 27** Presentación pública del estudio de impacto ambiental

**Artículo 30** ANAM ahora Mi Ambiente paralizará actividades e impondrá las sanciones

**Artículo 53** Prevención y planes de contingencia

**Artículo 55** Valoración del costo-beneficio relativo al ambiente

**Artículo 56** El Ministerio de Salud es la autoridad para garantizar la salud humana La ANAM anteriormene y ahora el Ministerio de Ambiente, es la autoridad para garantizar la salud ambiental, para que no perjudique la salud humana

**Artículo 60** La autoridad debe asegurar que las sustancias peligrosas sean manejadas sin poner en peligro la salud humana y el ambiente

**Artículo 107** Exige responsabilidad civil, administrativa o penal

**Artículo 108** Los interesados deben asumir los costos de prevención y reparación de daños

**Artículo 110 Los generadores de desechos radioactivos y los transportistas tienen responsabilidad solidaria**

**Artículo 112 ANAM ahora Mi Ambiente puede sancionar con amonestación, multa o suspensión de actividad**

**Artículo 114 Sanción hasta 10 M\$, costo de limpieza, mitigación, y compensación del daño ambiental**

En pocas palabras, la Ley General del Ambiente requiere un estudio de impacto ambiental previo que incluya

- Sometimiento al Ministerio de Salud y al Ministerio de Ambiente
- Valoración del costo-beneficio relativo al ambiente
- Medidas de prevención y planes de contingencia
- Responsabilidad civil, administrativa o penal
- Responsabilidad de los costos solidariamente por los transportistas y dueños
- Sometimiento a consulta pública

Claramente La otrora ANAM tomó en cuenta casos de contaminación menores, ya que la multa aplicable es de solo 10 M\$, mientras que el costo real de contaminaciones mayores podría exceder 10 B\$ (Escoffery (2001))

## 8 Normas sobre salud radiológica

El Ministerio de Salud es la autoridad competente en todo lo que tiene que ver con el tema de salud humana, incluyendo los efectos de la radioactividad El Decreto de Gabinete No 1 del 15 de enero de 1969 crea el Ministerio y lo responsabiliza del factor salud que la Constitución le asigna al gobierno

**Artículo 1** Créase el Ministerio de Salud, para la ejecución de las acciones de promoción, protección, reparación y rehabilitación de la salud que por mandato constitucional son de responsabilidad del Estado

La Dirección General de Salud es la autoridad competente directamente encargada de la protección radiológica Para esto se apoya en el Departamento de Salud Radiológica de la Caja de Seguro Social, que es la unidad técnica con la función de autorizar el uso de sustancias radioactivas y supervisar el cumplimiento de las normas de protección radiológica (Resolución No 59 de 1995 del Ministerio de Salud)

El Ministerio de Salud es la autoridad que maneja los instrumentos del Organismo Internacional de Energía Atómica (OIEA), que como mencionamos es el organismo de la ONU encargado de la protección de la salud y reducir al mínimo el peligro a la vida y propiedad (Estatutos del OIEA, art III A 6) a causa de la radioactividad. Los instrumentos del OIEA son las normas internacionales sobre radiación, y Panamá ha adoptado varios de sus convenios (Escoffery op Cit )

La Asamblea Legislativa aprobó el 30 de Diciembre de 1998 (GO No 23, 715 del 9-Ene-99) varios instrumentos del OIEA sobre el tema

Ley 101 Convención sobre asistencia en caso de accidente nuclear o emergencia radiológica, (OIEA INFCIRC/336, 1986)

Ley 102 Convención sobre la pronta notificación de accidentes nucleares, (OIEA INFCIRC/335, 1986)

Ley 103 Convención sobre la protección física de los materiales nucleares, (OIEA INFCIRC/274/ Rev 1, 1980)

En conjunto, estas 3 leyes responsabilizan al Estado a (Escoffery op Cit )

- Proteger el material radioactivo y estar preparado contra accidentes y actos

terroristas

- Notificar los incidentes con material radioactivo a los demás Estados
- Ayudar a los Estados afectados por un incidente nuclear o emergencia radiológica

La Ley 103 responsabiliza a los países a aplicar medidas de protección física durante el transporte internacional de materiales nucleares. En su Anexo I, artículo 1, párrafo c, indica que “deberán tener por objeto la detección y prevención de todo asalto, acceso no autorizado o retirada no autorizada de materiales”. El párrafo “b” además indica que deberá ser “en condiciones que aseguren una estrecha comunicación con equipos apropiados de intervención en caso de emergencia”. Nótese que en caso de incidente, el Estado de Panamá sería responsable, aunque no tiene la capacidad (equipos, personal, experiencia y otros recursos) de cumplir con la Ley No 103 (Escoffery op Cit )



## E Consideraciones a favor y en contra de la energía nuclear y las implicaciones para la República de Panamá del paso de material radiactivo y residuos a través del Canal de Panamá

En la República de Panamá, hay un desconocimiento y falta de interés sobre el tema del riesgo de contaminación radioactiva por parte de las autoridades y del público en general. Las declaraciones en los medios de comunicación normalmente son motivadas por el tránsito específico de algún barco con cargamento radioactivo y posteriormente el tema pareciera desvanecerse, y en la mayoría de los casos se desconoce la fecha y hora en que transitan estos barcos por el Canal de Panamá, no obstante, a nivel internacional hay opiniones encontradas entre los sectores a favor y en contra del uso de la energía nuclear, pero lo que sí es cierto, es que a través de la historia han ocurrido toda una serie de acontecimientos y siniestros, que no podemos dejar de mencionar y tomar en consideración para analizar, reflexionar y aprender de dichas experiencias, para no vernos envueltos en situaciones perjudiciales lamentables y evitables para nuestro país.

En nuestro país, equivocada y lastimosamente, se piensa muchas veces que como nunca ha pasado un incidente radiactivo de gravedad, eso significa que nunca va a pasar, la triste realidad, es que después que ocurren las

catástrofes es que nos percatamos de nuestra ignorancia, inocencia y temeridad al estimar poco probables y hasta imposibles dichos sucesos. Nuestra extremada confianza es un agravante ya que las consecuencias de un accidente radiactivo son impredecibles, nefastas y duraderas por cientos de años.

Por último, vamos a abordar este tema desde un punto de vista ecléctico y objetivo, aportando elementos de juicios de ambos sectores, tanto a favor como en contra, de manera tal, que el lector de este trabajo investigativo pueda sacar sus propias conclusiones.

## 1 Argumentos a favor de la energía nuclear

La energía nuclear es limpia, segura, fiable, compacta, competitiva y prácticamente inagotable. Actualmente más de 400 centrales (reactores) nucleares proveen la energía eléctrica básica en 30 países. Su tecnología de hace 50 años, está relativamente desarrollada y cuenta con la seguridad de una gran mejora en la próxima generación. (Cientos de reactores nucleares a bordo de navíos, militares por supuesto, les proveen de energía fiable y flexible, y esa tecnología es adaptable al transporte marítimo civil) (Comby (1996))

### a La energía Nuclear es beneficiosa

El uso de los isótopos radiactivos abarca distintos campos, desde la medicina, hasta la industria, agricultura, investigación, etc ,

En general, los usos en medicina pueden agruparse en dos grandes bloques de aplicaciones radiodiagnóstico y radioterapia. En dichas aplicaciones se utilizan isótopos radiactivos generalmente con el propósito de obtener imágenes de los órganos o tejidos que se quieran estudiar (radiodiagnóstico) y de destruir células cancerígenas (radioterapia) (Del olmo et Al op Cit )

Dentro del campo de la industria, las aplicaciones de los radioisótopo son variadas y numerosas. Desde el empleo de isótopos radiactivos como trazadores, medidores de caudal, detectores de fugas en tuberías etc, hasta equipos de radiografía industrial, detectores de humo, equipos de esterilización y control de procesos (Del olmo et Al su Cit )

La utilización de isótopos radiactivos en el campo de la agricultura también cubre un amplio número de aplicaciones, entre las que destacan conservación de alimentos, creación de nuevas especies (productos transgénicos), control de plagas, estudio de la eficacia de los fertilizantes, etc (Del olmo et Al su Cit )

#### **b La energía Nuclear es Limpia**

La energía nuclear casi no produce dióxido de carbono, y ningún dióxido de azufre ni óxido de nitrógeno de ningún tipo. Esos son gases que se producen en

grandes cantidades cuando se utilizan combustibles fósiles. Un gramo de uranio produce tanta energía como una tonelada de carbón o petróleo (el famoso "factor de un millón") y el residuo nuclear correspondiente es un millón de veces menor que el de los combustibles fósiles, con la ventaja adicional de que es compacto, no se dispersa (Comby op Cit )

En EEUU y Suecia los residuos nucleares, sencillamente se almacenan. En otros países se re-procesan para separar el 3% de productos radioactivos de la fusión y elementos pesados para ser vitrificados (fundidos en vidrio) y almacenarlos así de forma segura y permanente. El 97% restante (plutonio y uranio) se recupera y se recicla en nuevos elementos combustibles para producir más energía (Comby su Cit )

El volumen de residuos nucleares que se produce es muy pequeño. El que puede generar una familia francesa de tipo medio a lo largo de su vida, una vez vitrificado es del tamaño de una pelota de golf. Los residuos nucleares tienen que ser depositados en lugares de almacenaje situados en las profundidades geológicas, y no entran en contacto con la biosfera. Su impacto sobre los ecosistemas es mínimo. Con el tiempo estos residuos van perdiendo espontáneamente actividad, mientras que los residuos químicos estables, como el mercurio o el arsénico, permanecen intactos por siempre. La mayoría de los residuos de los combustibles fósiles son gaseosos y salen por las chimeneas. Aunque no se ven, no por ello son inofensivos, son causa del calentamiento

global, la lluvia ácida, el smog o niebla tóxica, y otros efectos de la contaminación atmosférica (Comby op Cit )

### c La energía nuclear es segura

Prueba de ello es el récord de medio siglo de operaciones comerciales y la experiencia acumulada de más de 12 000 reactores Sólo ha habido tres accidentes graves en la explotación comercial de la energía nuclear en 1979 el de Three Mile Island (TMI), en Pennsylvania, EEUU, en 1986 el de Chernobyl (en la antigua URRS, en Ucrania) y en 2011 en Fukujima en Japón (Comby su Cit )

El de TMI fue el peor accidente que uno pueda imaginar en un reactor nuclear occidental El núcleo del reactor se fundió y una gran parte de él cayó al fondo de la vasija del reactor La radioactividad liberada quedó confinada dentro de la estructura de contención de hormigón armado, el edificio hermético que a modo de silo alberga al reactor (que fue diseñada para eso) La pequeña cantidad de radioactividad que se escapó fue completamente inocua (Comby op Cit )

Como consecuencia de estos hechos, en TMI nadie sufrió serias radiaciones y no hubo muertos De hecho, el de Three Mile Island fue un verdadero éxito de la seguridad nuclear El peor accidente que podía haber

ocurrido, una fusión del núcleo del reactor, y sin embargo nadie murió ni incluso resultó herido. Chernobyl fue distinto. En Chernobyl los reactores carecían de estructuras de contención. El fallo en el diseño del reactor lo hizo inestable, y aquella noche Chernóbil estaba funcionando de una forma que se sabía que era peligrosa (Comby su Cit )

Durante la realización de una prueba, deliberadamente se hizo caso omiso de los sistemas de seguridad. Un aumento repentino de la potencia energética produjo una explosión de vapor. El moderador de 600 toneladas de grafito se incendió y estuvo ardiendo durante muchas semanas. El humo arrastró a la atmósfera más de la mitad de los productos radioactivos de la fisión, donde fueron esparcidos y diseminados a grandes distancias por los vientos. Menos de 32 personas fallecieron al cabo de unos pocos meses, y unas 200 más sufrieron radiaciones muy graves aunque sobrevivieron (Comby su Cit )

Los habitantes de la zona de exclusión también fueron víctimas ya que fueron evacuadas y ubicadas en otros lugares, perdieron sus trabajos, y sufrieron traumas psicológicos y sociales durante la disolución de la Unión Soviética. Sus vidas quedaron rotas y se acortaron. Desde 1986, unos 4000 casos de cáncer de tiroides han sido diagnosticados en las regiones de alrededor, y fueron tratados con éxito. Se han descrito nueve muertes. Hay quien ha hablado de cánceres de larga evolución. Algunas organizaciones y periodistas especulan que podrían haber decenas de miles de víctimas todavía.

sin identificar, pero hay que resaltar que en su mayoría esas dichos son resultado de cálculos teóricos basados en hipótesis sin fundamento, la extrapolación lineal de los efectos de altas dosis de radiación y la media de dosis altas, a las dosis bajas de radiación y la media de dosis bajas, en este caso aplicados a una población de millones de gentes que sólo han recibido dosis bajas de radiación (Comby op Cit )

Chernóbil fue el ejemplo perfecto de lo que no se debe hacer con un reactor nuclear un fallo en su diseño, un reactor inestable, funcionando en un experimento con todos los sistemas de seguridad desconectados, y una respuesta de pánico por parte de las autoridades. En resumen, en medio siglo de industria civil de energía nuclear (incluido Chernóbyl), han ocurrido muchísimos menos casos de muertes que las habidas en un año en las industrias de los combustibles fósiles. Los accidentes en las minas de carbón son sucesos comunes y con frecuencia se saldan con decenas o centenares de muertos, que un día determinado se publican, y al siguiente se olvidan, y que se añaden a los casi 15 000 que ocurren al año en todo el mundo, 6 000 de los cuales suceden en China. Lo mismo puede decirse de los accidentes en el caso del petróleo petroleros que encallan o se parten, pérdidas en los accidentes de refinerías, las de las plataformas de gas y de petróleo han sido pérdidas que no tienen punto de comparación. Los accidentes en los gasoductos de alta presión no son infrecuentes (Comby op Cit )

Por poner un sólo ejemplo, entre otros muchos posibles, el accidente del gasoducto en Ghislenghien, Bélgica del 30 de julio de 2004, en el que murieron 21 personas, y 120 fueron heridas. Las centrales nucleares proporcionan energía eléctrica de base y están operativos durante más del 90% del tiempo, los intervalos entre recargas se han ampliado y el tiempo de recarga de combustible se ha reducido. En los EEUU, esas mejoras conseguidas a lo largo de los años han sido equivalentes a añadir el trabajo de un reactor durante un año al de las centrales ya existentes. La mayoría de los reactores son diseñados para una longitud de vida de 40 años, muchos llegan a esa edad en buenas condiciones y concesiones de 20 años más de funcionamiento han sido habituales (Comby op Cit )

d El costo de la energía nuclear es competitivo y estable

El costo del combustible nuclear es una pequeña parte del precio de una hora de kilovatio nuclear, mientras que el de los combustibles fósiles, sobre todo el del gas y el del petróleo, está a merced del mercado. El uranio se encuentra en la corteza terrestre por todas partes (es más abundante que el latón por ejemplo). Los principales depósitos están en Canadá y Australia. Se estima que un aumento del precio de mercado por un factor de diez tendría como resultado que llegara al mercado 100 veces más de uranio. Llegaremos a ser capaces de recuperar el uranio del agua de mar donde están disueltas 4 mil millones de toneladas (Comby op Cit )



Una central de energía nuclear es muy compacta, ocupa prácticamente la superficie de un estadio de fútbol y sus aparcamientos circundantes. Las granjas solares, los parques eólicos y la creciente biomasa, todos ellos requieren de grandes áreas de terreno.

El miedo a lo desconocido es la mercancía de los “verdes” antinucleares. Predican el miedo a la radiación en general, el miedo a los residuos radioactivos en particular, el miedo a otro grave accidente como el de Three Mile Island o Chernóbil, o Fukujima y el miedo a la proliferación de armas nucleares. Su campaña ha sido exitosa sólo porque la radiación es un misterio para la mayoría de la gente, y muy pocos son conscientes de que el hecho de la radiación está presente en el ambiente por todas las partes. Las organizaciones anti-nucleares se han aprovechado también de la extendida y errónea interpretación de los estudios sobre la salud de los supervivientes de los bombardeos de Hiroshima y Nagasaki que incluso pequeñas cantidades de radiación son dañinas para la salud (la hipótesis LNT), y el concepto relacionado de dosis colectiva. En realidad una moderada cantidad de radiación es natural y beneficiosa, e incluso esencial para la vida (Comby su Cit.)

La radiación ha estado bañando nuestro entorno desde la más temprana historia de nuestro planeta, y está en la naturaleza por todas las partes. De hecho nuestro sol y sus planetas son restos de la gigantesca explosión de una

supernova Todo lo que hay a nuestro alrededor en la naturaleza es radiación, y ya lo era antes de que la radiación fuese descubierta Esta radiación espontánea disminuye con el tiempo La radiación natural cuando la vida apareció por vez primera sobre la tierra era dos veces más alta que la actual La mayoría de la gente ignora por completo que incluso el cuerpo humano es radioactivo por naturaleza (Comby op Cit )

Nuestros cuerpos contienen aproximadamente 8000 becquereles (8000 átomos desintegrándose cada segundo), y la mitad aproximada de ellos son potasio 40, un elemento químico esencial para la vida, y carbono 14 Organizaciones ecológicas como Greenpeace han mantenido sistemáticamente un sesgo anti-nuclear más ideológico que objetivo En los últimos tiempos cada vez más ecologistas están cambiando sus ideas sobre la energía nuclear porque existen muy buenas razones, sólidas, científicas, y, por encima de todo ecológicas para ponerse en favor de la energía nuclear (Comby op Cit )

## 2 Argumentos en contra de la energía nuclear

A lo largo de los años, los hechos de la vida real se han encargado de demostrar que la generación de electricidad por medio de la energía nuclear es un enorme fracaso económico, tecnológico, ambiental y social, que ha causado ya graves problemas a la salud pública y al medio ambiente Este fracaso la

inhabilita para poder formar parte de un modelo energético sostenible (Greenpeace España (2008))

La energía nuclear, en sus más de 50 años de existencia, no sólo no ha logrado resolver sus problemas de seguridad, sino que además ha dejado evidencias claras de su capacidad de generar catástrofes, como la de Chernóbil. Ha producido residuos radiactivos, que debido a su alto nivel de radiactividad, que se prolonga durante cientos de miles de años, y a su elevado potencial radiotóxico, suponen un importante problema ambiental y de salud pública, que la industria atómica tampoco ha sido capaz de resolver. Por otro lado, sus pretendidos usos pacíficos han contribuido a la proliferación de armas nucleares (Greenpeace España op Cit )

Es, además, un desastre económico, que necesita continuamente enormes ayudas y subsidios estatales para poder sobrevivir. La energía nuclear perdió hace tiempo la batalla de la competitividad económica en unos mercados energéticos cada vez más liberalizados. Ejemplo de ello es el reactor Olkiluoto-3 (Finlandia), publicitado como el buque insignia del “renacimiento” nuclear y que ahora hace aguas por todos lados (Greenpeace España su Cit )

Todos esos inconvenientes llevaron a la industria nuclear a sufrir un declive en el número de encargos de reactores que se prolonga ya durante varias décadas. Ante sus escasas perspectivas de negocio, en un intento

desesperado de supervivencia a medio plazo, la industria nuclear puso en marcha hace unos años una intensa y costosa campaña de propaganda para tratar de revitalizarse. Esta campaña no es más que una reedición, adaptada a los nuevos tiempos (el cambio climático, el declive del petróleo ), de aquella que el lobby nuclear puso en marcha a mediados de los años 50 del siglo pasado ("Átomos para la paz") para lavar la imagen de las bombas atómicas de Hiroshima y Nagasaki y que se prolongó durante las décadas de los 60 y 70, hasta que el fracaso económico de la energía nuclear llevó a ésta a ser progresivamente expulsada de los mercados energéticos (Greenpeace España op Cit )

Debatir sobre energía es necesario, ya que el actual modelo energético es insostenible y urge cambiarlo. Pero el debate energético sólo será útil si realmente permite avanzar hacia la sostenibilidad. En ese sentido, discutir "sí" o "no" a la energía nuclear es absurdo, puesto que el fracaso de la energía nuclear ha quedado ya demostrado (Coderch y Almirón (2008)). Es, además, un debate superado por la realidad, y más aun ahora, que las energías renovables han conseguido madurar significativamente, tanto desde el punto de vista técnico como el comercial, y son más rentables que nunca. Veamos algunos aspectos que refuerzan esta posición en contra de la energía nuclear

a El uranio no es un combustible muy abundante

El uranio, como combustible, se está acabando. Aunque es un mineral relativamente abundante en la naturaleza, lo es generalmente en unas proporciones muy bajas, por lo que son muy escasos los yacimientos rentables (Greenpeace España op Cit )

Las reservas de uranio-235 fisiónable, el "combustible" de los reactores nucleares, pueden proveer a las instalaciones sólo durante unas pocas décadas más considerando los niveles de consumo actuales y también se va a encarecer ahora es 10 veces más caro que en 2004. Según el Libro Rojo de la Agencia de la Energía Nuclear (AEN) de la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico (OCDE), las reservas conocidas y recuperables a un coste inferior a los 80 dólares y a los 130 dólares (por kilogramo de uranio) son de unos 3 y 4 millones de toneladas, respectivamente, es decir, menos de la mitad del que se entiende necesario para satisfacer las demandas de la industria nuclear (Greenpeace España su Cit )

Hay más uranio que ese en la naturaleza pero su coste de extracción sería aún más caro y, lo que es más importante, su obtención sería mucho más intensiva en energía fósil, con la consiguiente generación de CO<sub>2</sub>. Esto invalidaría aún más uno de los principales argumentos a favor de la energía

nuclear De hecho, hay estudios que indican que al extraer uranio de minas con una mena inferior a 100 partes por millon se emite más dióxido de carbono del que luego se ahorra al sustituir una generación de electricidad equivalente por medio de gas natural (Greenpeace España op Cit )

Por ultimo, los hay que dicen que en el agua del mar hay enormes cantidades de uranio y que, simplemente extrayéndolo, estarían resueltas las necesidades de la industria nuclear para mucho tiempo En efecto, en los millones de m<sup>3</sup> de agua de la totalidad de mares y océanos del mundo hay mucho uranio El gran inconveniente es que está presente en una proporción ínfima, tan sólo  $3,3 \times 10^{-9}$  (3,3 partes por mil millones) La rentabilidad de tal negocio no está pues nada clara (Greenpeace España su Cit )

Dado que el plutonio no existe en la naturaleza, la única forma de obtenerlo es a partir del combustible nuclear gastado de los reactores nucleares (parte del uranio-238 del combustible que entra en un reactor se convierte en plutonio-239, que es fisible), a través del sistema denominado “reprocesamiento” Este es un proceso complejo, muy costoso y tremendamente contaminante, controlado en exclusiva por las potencias nucleares militares (ya que la verdadera finalidad del plutonio ha sido siempre la de su utilización en la fabricación de armas atómicas, como la que EEUU lanzó sobre Nagasaki en 1945), por el cual se puede separar el plutonio-239 del resto de los materiales radiactivos del combustible irradiado (Greenpeace España su Cit )

También se puede recuperar parte del uranio sin “quemar” (fisionar) que estaba originalmente en el combustible. Ahora el lobby nuclear denomina al reprocesamiento, que genera entre 160 y 189 veces más residuos radiactivos que los que entran en el proceso, como reciclaje, en un excesivo eufemismo. Son muchos los inconvenientes de todo esto. Aparte de lo caro y contaminante que es el proceso del “reprocesamiento”, el problema radica en que la tecnología de los reactores rápidos ha sido uno de los mayores fracasos en la historia de la industria nuclear. Sólo hay que recordar el fracaso tecnológico y económico del Superphenix (Francia) o el de Monju (Japón), las dos apuestas más avanzadas al respecto. Ambos sufrieron serios accidentes y fueron clausurados (Greenpeace España op Cit )

#### b La energía nuclear no es la solución al cambio climático

Consciente de su fracaso económico y social, y de su declive, la industria nuclear está buscando desesperadamente una justificación que le permita renovar las ayudas y subsidios estatales que ha estado recibiendo desde sus orígenes. Así, la industria nuclear utiliza como pretexto que, como las centrales nucleares no emiten dióxido de carbono, el único camino para reducir esas emisiones es sustituir las centrales térmicas de combustibles fósiles por centrales nucleares (Greenpeace España su Cit )

Si bien es cierto que las reacciones de fisión nuclear no producen CO<sub>2</sub> (aunque sí generan residuos nucleares de alta peligrosidad y larga vida radiactiva), también lo es el que la generación de electricidad por medios nucleares sí emite CO<sub>2</sub>. Considerando el ciclo completo de las tecnologías de generación eléctrica no-fósiles (es decir, la nuclear y las renovables), la energía nuclear emite más CO<sub>2</sub> que cualquiera de las energías renovables por cada kWh producido. Esto se debe a que en todas las etapas del ciclo nuclear -la minería del uranio, la fabricación del concentrado, el enriquecimiento, la fabricación del combustible, la construcción de las centrales nucleares, su mantenimiento y posterior desmantelamiento, la gestión de los residuos radiactivos, etc - se consumen grandes cantidades de combustibles fósiles (Greenpeace España op Cit )

Afortunadamente, la solución eficaz al cambio climático existe: un modelo energético sostenible cuyo eje fundamental sea las energías limpias (renovables y tecnologías de ahorro y eficiencia). Aplicadas en todos los ámbitos -generación de electricidad, transporte - las energías limpias pueden lograr reducir de forma efectiva, también en términos económicos, las emisiones de CO<sub>2</sub>. Las inversiones dirigidas a promover la eficiencia energética son siete veces más efectivas que las dirigidas a la energía nuclear a la hora de evitar emisiones de CO<sub>2</sub> (Greenpeace España su Cit )



### c La energía nuclear no es limpia

Es la energía más sucia aunque la radiactividad no se pueda ver, ni oír, ni oler, ni tocar, ni sentir. Las centrales nucleares generan residuos radiactivos cuyo alto nivel de radiactividad se prolonga durante cientos de miles de años. Además, si se suma su elevado potencial radiotóxico, suponen un importante problema ambiental, de salud pública y económico, que nadie sabe bien cómo resolver (Greenpeace España op Cit )

En sus más de 50 años de existencia, la industria atómica no ha sido capaz de encontrar una solución técnica satisfactoria a este grave problema, puesto que todas las opciones propuestas tienen importantes cuestiones por resolver, y su resolución está aún en estado de investigación básica. Ni siquiera existe consenso sobre las posibles soluciones técnicas entre los representantes de la industria nuclear (Greenpeace España su Cit )

La industria nuclear defiende que existe una solución "mágica" a este problema: la transmutación. Esta consistiría en forzar la conversión de un elemento químico muy radiactivo en otro de menor actividad induciendo en el primero un cambio en la estructura de su núcleo atómico mediante una reacción nuclear provocada por el bombardeo con partículas subatómicas. Pero lo cierto es que existe consenso científico en que la transmutación no es una opción

tecnológica que se pueda tener en cuenta, ni a corto ni a medio plazo, para la gestión de los residuos radiactivos. Además existen dudas sobre si las investigaciones en curso harán de ella una opción finalmente viable para este propósito (Greenpeace España op Cit )

Por otra parte, las centrales nucleares emiten al medio ambiente radiactividad en su funcionamiento rutinario: efluentes gaseosos radiactivos mediante la chimenea dedicada al efecto y efluentes líquidos radiactivos al mar, al embalse o al río del que depende para su refrigeración. Si un accidente nuclear puede liberar dosis masivas de radiactividad en un instante, las emisiones rutinarias son responsables de generar “dosis bajas”. Pero la radiactividad tiene efectos acumulativos. Un ejemplo: En enero de 2008, se publicó en *European Journal of Cancer* un estudio de investigadores alemanes que demostraba que los niños que viven a menos de cinco kilómetros de una central nuclear tienen un 50% más de probabilidades de desarrollar leucemia (Greenpeace España su Cit )

#### d La energía nuclear no es sostenible

El concepto de desarrollo sostenible define el modelo de desarrollo que sería deseable conseguir para cualquier sociedad que pretenda vivir en armonía con su entorno, social y medioambiental. En cuanto a la energía nuclear, además de no ser rentable económicamente, ya ha producido problemas a las

personas y al medio ambiente contaminación radiactiva asociada a la actividad normal en todas las fases del ciclo nuclear, numerosos accidentes nucleares, como la catástrofe de Chernóbil, con graves daños a la salud pública, al medio ambiente y a la economía de las zonas afectadas, elevadas cantidades de peligrosos residuos radiactivos con los que no se sabe que hacer Todo esto lleva a concluir que la energía nuclear no tiene cabida en un modelo energético sostenible (Greenpeace España op Cit )

Es más, que en sí misma es el paradigma de la insostenibilidad Quizá los residuos radiactivos sean la prueba más clara de esa insostenibilidad, puesto que las centrales nucleares, cuya vida útil técnica ronda los 25 años, genera inexorablemente unos residuos cuya peligrosidad se prolongará durante muchas decenas de miles de años, y con los que no se sabe qué hacer (Greenpeace España su Cit )

#### e La energía nuclear no es segura

A finales de noviembre de 2007 se produjo un escape al medio ambiente de material altamente radiactivo en la central nuclear de Ascó-1 (Tarragona) Los medios de comunicación se hicieron eco del incidente meses después, cuando Greenpeace lo comunicó tras ser alertada por trabajadores de la central En junio de 2008, la central de Krsko (Eslovenia) sufrió un accidente que conllevó la pérdida de refrigerante del circuito primario, lo que obligó a activar la Red de

Alerta Europea (ECURIE) Ese mismo mes la central nuclear de Tricastin (Francia) tuvo una fuga de decenas de kilos de uranio al Ródano Dos meses más tarde la central de Olkiluoto-3 (Finlandia), en proceso de construcción, tuvo un incendio (Greenpeace España op Cit )

Cada poco tiempo ocurre un incidente o accidente en las instalaciones nucleares que recuerdan a la población su inseguridad y peligrosidad A pesar de ello, el lobby nuclear quiere hacer creer que la energía nuclear es segura, y para ello sigue diversas estrategias, contradictorias entre sí A veces reconoce que el accidente de Chernóbil fue muy grave, pero que es irrepetible una catástrofe de esas consecuencias porque fue una mera consecuencia del ya extinto régimen soviético y que, por las diferencias de modelo político, en el mundo occidental algo así no podría pasar Se olvidan entonces de los accidentes de Winscale (Reino Unido) o Harrisburg (Estados Unidos), ambos de nivel 5 en la Escala Internacional de Sucesos Nucleares (INES) (Greenpeace España su Cit )

Otra contradicción habitual e importante entre los defensores de la industria nuclear es que al mismo tiempo que defienden que la energía nuclear ya es muy segura, afirman que en unas cuantas décadas estarán listos los reactores de la "Generación IV", los que, según ellos, sí serán verdaderamente seguros La realidad es que la energía nuclear no ha resuelto sus problemas de seguridad y que esos reactores de 4ª generación que, hipotéticamente,

resolverían esos problemas, no estarían disponibles hasta dentro de 20 o 30 años, en el mejor de los casos, sin poder acotar su costo económico. Es decir, que en 2030 o 2040, si sus propias previsiones se cumplen, y por lo tanto 80 o 90 años después de que se pusieran en marcha los primeros reactores, la industria nuclear lograría por fin disponer de un reactor de fisión “seguro”. De momento, son sólo una entelequia de la ciencia ficción (Greenpeace España op Cit )

Lo que es indiscutible es que la tragedia de Chernóbil puso punto final al debate sobre la seguridad de las centrales nucleares. Este accidente evidenció la potencialidad catastrófica de la energía nuclear, y de hecho ha generado un grave daño a la salud pública, al medioambiente y a la economía de las regiones afectadas. El 26 de abril de 1986, el reactor número 4 de la central nuclear de Chernóbil (Ucrania) sufrió una fusión del núcleo del reactor. Se liberaron al medio ambiente toneladas de material altamente radiactivo (iodo-131, cesio-134 y 137, estroncio-90 y plutonio-239). La cantidad de dióxido de uranio, carburo de boro, óxido de europio, erbio, aleaciones de circonio y grafito expulsados,[4] materiales radiactivos y/o tóxicos que se estimó fue unas 500 veces mayor que el liberado por la bomba atómica arrojada en Hiroshima en 1945 (Organismo Internacional de Energía Atómica (2005))

El accidente causó una nube radiactiva que afectó a grandes áreas de la antigua URSS y Asia y a la mayor parte de Europa, e incluso alcanzó España,

especialmente Cataluña y Baleares. Quedó así demostrado que los riesgos de la energía nuclear suponen una amenaza que no conoce fronteras, ya que en caso de accidente, la radiactividad liberada se puede extender a miles de kilómetros de las centrales, lo que deja en evidencia la ineficacia de los planes de emergencia nuclear (Organismo Internacional de Energía Atómica op Cit )

Por otra parte, las fugas radiactivas en la central nuclear japonesa de Kashiwazaki-Kariwa, tras el terremoto sufrido el 16 de julio de 2007, demostró de nuevo la potencialidad catastrófica inherente a la energía nuclear. Poco después del terremoto se supo que la central estaba construida sobre una falla tectónica. ¿Qué hubiera pasado si el epicentro de ese terremoto hubiera sido justo la central nuclear y no hubiera estado, como afortunadamente ocurrió, a 17 km de profundidad y a varios km en línea recta de esta instalación? la catástrofe hubiera estado asegurada (Organismo Internacional de Energía Atómica su Cit )

Sin embargo, no se aprendió la lección, ya que el 11 de marzo de 2011, a las 14:46 JST (tiempo estándar de Japón (UTC+9)) se produjo un terremoto magnitud 9,0 en la escala sismológica de magnitud de momento, en la costa noreste de Japón. La ausencia de un muro de contención adecuado para los tsunamis de más de 38 metros que han sucedido en la región permitió que el maremoto (de 15 metros en la central y hasta 40,5 en otras zonas) penetrara sin

oposición alguna y provocara un accidente en la central nuclear de Fukujima (Organismo Internacional de Energía Atómica su Cit )

Este suceso comprendió una serie de incidentes, tales como las explosiones en los edificios que albergan los reactores nucleares, fallos en los sistemas de refrigeración, triple fusión del núcleo y liberación de radiación al exterior, registrados como consecuencia de los desperfectos ocasionados por el terremoto de Japón oriental. La presencia de numerosos sistemas críticos en áreas inundables facilitó que se produjese una cascada de fallos tecnológicos, culminando con la pérdida completa de control sobre la central y sus reactores (Organismo Internacional de Energía Atómica op Cit )

Esta central nuclear fue diseñada por la compañía estadounidense General Electric que inició su construcción en 1967 y su funcionamiento en 1971. La central se componía de seis reactores nucleares del tipo BWR que juntos constituyen uno de los 25 mayores complejos de centrales nucleares del mundo con una potencia total de 4,7 GW. Fue construida y gestionada independientemente por la compañía japonesa TEPCO (Organismo Internacional de Energía Atómica su Cit )

A pesar de saberse que en la región podían ocurrir tsunamis de más de 38 metros, la central sólo contaba con un muro de contención de 6 metros y

numerosos sistemas esenciales se encontraban en zonas inundables (Ragheb (2012)) Estas deficiencias de diseño se demostraron críticas en el porvenir del siniestro

Pocos días después del accidente se detectó yodo radiactivo en el agua corriente de Tokio, así como altos niveles de radiactividad en leche producida en las proximidades de la central y en espinacas producidas en la vecina Prefectura de Ibaraki Una semana después del accidente se pudieron detectar en California partículas radiactivas procedentes de Japón, que habían atravesado el Océano Pacífico, algunos días después se detectó yodo radiactivo en Finlandia, si bien en ambos casos se descartaba que los niveles de radiación detectados fuesen peligrosos (Ragheb op Cit )

Una grieta en la estructura del reactor empezó a liberar material radiactivo al mar, haciendo que el contenido en yodo radiactivo fuese en algunos momentos en las aguas circundantes de hasta 7,5 millones de veces superior al límite legal y que el cesio estuviese 1,1 millones de veces por encima de esos límites Los primeros intentos de sellar la grieta con cemento y otros métodos fracasaron La compañía TEPCO, a inicios de abril, empezó a verter al mar 11 500 toneladas de agua contaminada radiactivamente para liberar espacio dentro de la central con objeto de albergar otras aguas aún más contaminadas del interior de los reactores El accidente finalmente fue calificado como el más



grave desde el accidente de Chernóbil, con una escala de 7 en gravedad (Ragheb su Cit )

#### f La energía nuclear es costosa

Es una energía muy cara La energía nuclear sólo ha sido capaz de sobrevivir en países donde ha contado con fuertes subsidios estatales y con apoyo político cuando surgían los problemas financieros, como es el caso de España Otro ejemplo obvio es Francia donde la industria nuclear es de titularidad estatal (el programa nuclear militar y el programa nuclear civil están íntimamente relacionados desde el final de la Segunda Guerra Mundial) (Greenpeace España op Cit )

Aunque sus costes variables son relativamente bajos, las inversiones iniciales son muy altas, lo que introduce inseguridad en los inversores, elevados gastos financieros, etc En un reconocimiento implícito de que la energía nuclear no es competitiva, los representantes del lobby nuclear admiten que, para decidirse a emprender la construcción de nuevas centrales, necesitarían la existencia de un marco regulatorio que garantizase plenamente la recuperación de sus inversiones Este supuesto, en el modelo crecientemente liberalizado de economía, es la búsqueda de una clara ventaja, entre otras cosas, ilegal según la normativa vigente (Greenpeace España su Cit )

En realidad, la energía nuclear perdió hace muchos años la batalla de la competitividad económica en unos mercados energéticos cada vez más liberalizados. No en vano, vista la experiencia en EEUU, la revista Forbes calificó la energía nuclear como "el mayor fiasco en la historia económica norteamericana". Hace más de 30 años que en ese país, el pionero en el desarrollo de la energía nuclear, no hay encargos de nuevos reactores. Asimismo, el Banco Mundial y otros bancos multilaterales no financian desde hace tiempo proyectos nucleares, por no ser una opción eficiente en coste (Greenpeace España op Cit )

### 3 Implicaciones para la Republica de Panamá

#### a Jurídicas

Según los participantes del negocio nuclear, el tránsito de buques con material radiactivo es seguro, cumpliendo con los Convenios internacionales sobre seguridad que rigen la materia y además con las normas nacionales del Reino Unido, Francia, Japón y Panamá (incluyendo la ACP). El grupo PNTL dice estar preparado para realizar el salvamento del barco, los embalajes y los recipientes. Además, manifiesta que en caso de contaminación radioactiva, ésta se limpiaría y no quedarían consecuencias significativas (Escoffery op Cit )

Hacen referencia a los envases y recipientes de vidrio de borosilicato, que según ellos es un material inerte escogido especialmente por ser el que

mejor comportamiento presenta frente a la radiación, y que no reacciona al contacto con el aire, agua o metales, y al mismo tiempo, mantiene contenido el combustible nuclear. Los recipientes mantienen el contenido a 510 °C y son totalmente sellados permanentemente. Para abrir un recipiente hay que destruirlo (Escoffery su Cit.)

Los embalajes van empernados a la estructura del casco y están clasificados como tipo "B", diseñados para soportar las pruebas establecidas

- Caída 9 metros sobre una superficie rígida
- Caída 1 metro sobre una barra de acero
- Fuego 30 minutos a 800 °C, y después inmersión a 15 metros
- Inmersión 15 metros por 8 horas
- Inmersión 200 metros por 1 hora

Además, COGEMA ha indicado que el sello resiste 90 minutos a 1,000 °C (Escoffery op Cit.)

Los barcos tipo Pacific tienen doble casco, duplicidad de los sistemas de navegación, comunicación, electricidad, refrigeración, hélice y timón. Además tienen propulsión de proa, sistemas de detección de radiación, y de detección y combate de incendio. En caso de emergencia a la integridad del barco, hay un sistema de asistencia y salvamento con marinos y técnicos nucleares para dirigir las operaciones de socorro, listo para asistir las 24 horas del día. Esta asistencia está contratada con "Smit Salvage", una empresa especializada en salvamento (Escoffery su Cit.)

Si bien es cierto, la República de Panamá, es parte de Convenios Internacionales de Seguridad en materia de transporte de material radiactivo, como los mencionados y desarrollados en este trabajo, no lo es de ningún Convenio sobre responsabilidad civil por daños de materiales radiactivos, ya que el Régimen Internacional sobre responsabilidad civil en la esfera nuclear, tiene un ámbito territorial de aplicación limitado a solo los Estados que son parte de los mismos, y excluyen, restringen y eximen de responsabilidad a aquellos explotadores de la energía nuclear que ocasionen un incidente o accidente con material radiactivo, en un Estado no contratante.

En este orden de ideas, los Instrumentos de compensación que podría utilizar la República de Panamá, serían el Código Civil, aunque es inadecuado para incidentes radioactivos. En su artículo 1644 dice

Artículo 1644 El que por acción u omisión causa daño a otro, interviniendo culpa o negligencia, está obligado a reparar el daño causado Si la acción u omisión fuere imputable a dos o más personas, cada una de ellas será solidariamente responsable por los perjuicios causados (Código Civil de la República de Panamá (2009)

Como hemos mencionado, los Convenios Internacionales sobre responsabilidad nuclear, de los que no somos parte, tienen una serie de exclusiones para los incidentes que sucedan en Estados que no sean parte de los mismos, sin embargo, El Ministerio de Relaciones Exteriores dice que el Convenio de París, modificado por el de Bruselas, aplica a Panamá, aunque no sea signataria Este convenio exige demostrar los daños y su relación al material en tránsito Además, no cubre los daños por conflicto armado, insurrección y desastres naturales, como habíamos mencionado Para reclamos por daños morales, habría que demostrar también la intención o negligencia de los responsables La vigencia es de 30 años los parientes de una víctima de cáncer que se desarrolle o se relacione después de los 30 años, no serían compensados En pocas palabras, este convenio no cubre todos los daños Además, el proceso legal debe ser de acuerdo a la ley nacional, la cual no está preparada para esto El Convenio de Bruselas aumenta la vigencia a 30 años (Escoffery op Cit )

Un incidente, solo se compensaría hasta unos 383 M\$, aunque el daño fuera por varios billones de US\$. Por otra parte, tal y como mencionamos en este trabajo investigativo, la Asamblea Legislativa aprobó el 30 de Diciembre de 1998 (GO 23,715 del 9/1/99) varios instrumentos del OIEA sobre el tema La Ley 101 Convención sobre asistencia en caso de accidente nuclear o emergencia radiológica La Ley 102 Convención sobre la pronta notificación de accidentes nucleares y la Ley 103 Convención sobre la protección física de los materiales nucleares (Escoffery su Cit )

En conjunto, estas 3 leyes responsabilizan al Estado a

- Proteger el material radioactivo y estar preparado contra accidentes y actos terroristas
- Notificar los incidentes con material radioactivo a los demás Estados
- Ayudar a los Estados afectados por un incidente nuclear o emergencia radiológica

La Ley 103 responsabiliza a los países a aplicar medidas de protección física durante el transporte internacional de materiales nucleares. En su Anexo I, artículo 1, párrafo c, indica que "deberán tener por objeto la detección y prevención de todo asalto, acceso no autorizado o retirada no autorizada de

materiales ” El párrafo “b” además indica que deberá ser “en condiciones que aseguren una estrecha comunicación con equipos apropiados de intervención en caso de emergencia” (Escoffery op Cit )

Es claro, que en caso de incidente, el Estado de Panamá sería responsable, aunque no tiene la capacidad (equipos, personal, experiencia y otros recursos) de la protección del material radioactivo, según la Convención sobre la Protección Física de los Materiales Nucleares (Ley No 103 de 1998) Panamá es responsable, ya que el barco está en aguas de Panamá, navegando bajo bandera y jurisdicción de Panamá, igualmente, la ACP puede ser responsable, ya que su práctico tiene el control del barco Si fuera por causa mayor o acto terrorista, todos alegarían no ser responsables En un mismo embarque puede haber material de distintos dueños, por lo que primero habría que demostrar quién es el dueño del material que causó el daño (Escoffery su Cit )

La indemnización, si hubiera algún fondo financiero disponible, probablemente sería muy poco y se pagaría muy tarde, después de mucho esfuerzo De todos modos, aunque la indemnización fuera inmediata, no podría reemplazar las muertes, el perjuicio a la salud y a la calidad de vida El poder e intereses de por medio fácilmente trabajarían con la ignorancia y la demora burocrática en detrimento de las víctimas (Can't pay, won't pay plutonium and

high-level nuclear waste transports and the inadequacies of international liability arrangements (1999))

Como ejemplo, un estudio de la "International Union of Marine Insurance" (IUMI) estimó que un fuego a bordo de un barco transportando materiales radioactivos en el Mar del Norte podría causar daños por 7 Billones de dólares. Definitivamente en el peor de los casos los daños se medirían en billones de dólares. Todo esto pone en duda la posibilidad de compensación en caso de un incidente radioactivo (Escoffery op Cit )

Por otra parte, distintos organismos regionales se han pronunciado condenando los tránsitos de materiales nucleares por la región, entre los cuales tenemos

El Foro del Pacífico Sur y CARICOM (The Caribbean Community Secretariat, la Secretaría de la Comunidad del Caribe) (Statement on the movement of nuclear material through the caribbean sea (1999)) ya se han pronunciado en contra del tránsito de materiales radioactivos por sus mares. Por su parte, y lo que resulta irónico, Panamá ha apoyado las proclamaciones de protesta contra el tránsito nuclear en las organizaciones regionales a las que pertenece, pero en la práctica sigue permitiendo el paso de estos buques con cargas radiactivas a través de sus aguas.



OPANAL (Organismo para la Proscripción de las Armas Nucleares en la América Latina y el Caribe) está basado en el Tratado de Tlatelolco para mantener América Latina como zona libre de armas nucleares. Su oposición al tránsito nuclear fue expresado en

- Declaración sobre el "Transporte Marítimo de Desechos Radiactivos", Resolución 331 (XIV) del 29 de Marzo de 1995 (Declaración sobre el "Transporte Marítimo de Desechos Radiactivos (1995))

- "Declaración Conjunta sobre Transporte de Desechos Radioactivos", (documento # S/Inf 715) del 5 de Febrero de 1998 (Declaración Conjunta sobre Transporte de Desechos Radioactivos (1998)) La Declaración de Santo Domingo, realizada en la "II Cumbre de los Jefes de Estado y/o Gobierno de los Estados, Países y Territorios de la Asociación de Estados del Caribe" del 16 al 17 de Abril de 1999, en su artículo 6 dice

"Consideramos al Mar Caribe como un bien invaluable y acordamos dar prioridad especial a su preservación. Por tanto, deploramos su degradación ecológica y rechazamos el uso continuado de éste para el transporte de desechos nucleares y tóxicos, que de alguna manera puedan contribuir a una mayor degradación del Mar Caribe"

El Comunicado del Grupo Río sobre Transporte de Material Radioactivo y Desechos Peligrosos, realizado en Santiago de Chile el 27 de Marzo del 2001, en su párrafo 4 dice

“Instamos a la comunidad internacional a la pronta aplicación de los mecanismos que sobre medidas de seguridad aplicables al transporte de material radioactivo y desechos peligrosos establecen el Organismo Internacional de Energía Atómica y la Organización Marítima Internacional y a la adopción de normas que los completen, especialmente en los aspectos referidos a garantías sobre la no contaminación del medio marino, el intercambio de información sobre las rutas elegidas, la comunicación de los planes de contingencia para los casos de siniestro, el compromiso de recuperar materiales en caso de vertimiento (o pérdida de los mismos por hundimiento u otra causa), la descontaminación de las zonas afectadas y el establecimiento de mecanismos y normas efectivas de responsabilidad en caso de daño

La Declaración de Santiago de la XV Cumbre Presidencial del Grupo de Río, celebrada el 17 de Agosto del 2001, mantiene vigente el tema del tránsito nuclear En su artículo 26 dice

“Manifestamos nuestra preocupación por los riesgos que implica el tránsito de material radioactivo y desechos peligrosos por rutas cercanas a costas o por vías navegables de los países miembros, dados los riesgos de daño

que ello trae aparejado con efectos nocivos para la salud de las poblaciones ribereñas y para los ecosistemas del medio marino y antártico. Por consiguiente, instamos a la comunidad internacional a seguir trabajando con el objeto de completar el actual ordenamiento jurídico internacional en materia de medidas de seguridad aplicables a este tipo de transporte "

El PARLACEN (Parlamento Centroamericano), en sesión de Asamblea Plenaria, emitió la Resolución AP/2-CXXX-2001 el 8 de Julio del 2001 "Para demandar el cese del tránsito de desechos radiactivos por la ruta del Mar Caribe y de cualquier otra vía del planeta", que comienza resolviendo

- 1            Condenar el transporte de material radiactivo por el Mar Caribe
- 2            Demandar el cese de las operaciones de la PNTL en la región del Caribe, porque esta situación pone en peligro la seguridad de más de 200 millones de habitantes en la ribera caribeña y de toda la humanidad

En la Organización de Estados Americanos (OEA), el tránsito de material radioactivo ha sido enfocado principalmente al desperdicio nuclear en el "Informe Final de la Reunión de Alto Nivel sobre las Preocupaciones Especiales de Seguridad de los Pequeños Estados Insulares", como parte de la "Declaración de San Salvador sobre Medidas de Fomento de la Confianza y de

la Seguridad” de la Comisión de Seguridad Hemisférica de 1998 (Escoffery op Cit )

El Consejo de las Comunidades Europeas adoptó la Directiva 92/3/Euratom de 1992, relativa a la vigilancia y al control de los traslados de residuos radioactivos entre Estados miembros o procedentes o con destino al exterior de la Comunidad

Este documento exige que los residuos radioactivos solo puedan transitar por Estados que tengan los recursos técnicos, legales y administrativos para manejarlos en forma segura. Además exige que el Estado de origen solicite la aprobación al Estado de tránsito, el cual debe notificar su respuesta de aceptación, aceptación condicionada o negación. Si no respondiera en 2 meses, se entendería que se aprueba el tránsito (Escoffery su Cit )

Este instrumento aplica al tránsito por Panamá, aunque ésta no sea signataria. O sea que los Gobiernos del Reino Unido y Francia consideran que Panamá tiene los recursos técnicos, legales y administrativos. Panamá todavía está lejos de tener los recursos necesarios para manejar residuos radioactivos y las posibles consecuencias derivadas de su tránsito por el territorio nacional. Además, las autoridades necesitan adoptar realmente la “cultura de seguridad” y actuar más seriamente en todo lo relacionado al tema (Escoffery op Cit )

Para finalizar, La prohibición del tránsito por el territorio nacional, el cual incluye por supuesto las aguas interiores, por razones de seguridad y de prevenir su destrucción, está plenamente fundado en la CONVEMAR (como vimos anteriormente) y en el derecho a la legítima defensa reconocida en la Carta de las Naciones Unidas, por ende existen todos los elementos de juicio basados en la normativa internacional, para que la República de Panamá no permita el tránsito de buques con material radiactivo por sus aguas

#### b Protección

El tránsito por el Canal se ha convertido en un tema controversial, a pesar de la poca información publicada por las autoridades. Los medios de comunicación locales han cubierto parte de las noticias y opiniones. El tránsito se hace bajo medidas de seguridad que no han sido divulgadas, pero se entiende que incluye una escolta con helicóptero, patrulleras del Servicio Marítimo Nacional (SMN) y varios botes chicos de los organismos de seguridad de Panamá. El tránsito en el Corte Culebra es programado cuando los barcos van en la misma dirección, sin cruzarse con otros barcos en sentido contrario, reduciendo así la probabilidad de colisión. Durante los esclusajes, las áreas de las esclusas son cerradas al público, y personal de seguridad observa la travesía desde puntos altos estratégicos que también mantienen cerrados al público. Aunado a esto los buques Pacific, dicen llevar un grupo anti-terrorista con armas de guerra y explosivos, de la UKAEAC (United Kingdom Atomic Energy Authority

Constabulary, Policía de la Autoridad de Energía Atómica del Reino Unido)  
(Escoffery op Cit )

El terrorismo según el grupo PNTL es insignificante, alegando que no hay grupos terroristas interesados y que el barco no representa objetivos por lograr. Además, alega que Panamá toma las medidas necesarias para evitar los actos terroristas. PNTL considera que no necesita escolta militar en caso de un atentado, su personal de seguridad y el armamento a bordo garantizan la defensa con éxito del barco. Y que los factores normales de seguridad contra accidentes son suficientes para garantizar la integridad del material radioactivo. PNTL dice que los recursos de protección son suficientes (Escoffery op Cit )

La posibilidad de un incidente radioactivo, según los que se oponen al tránsito, aumenta a consecuencia de las fallas en las regulaciones y parámetros de las pruebas de seguridad del barco, los embalajes, los recipientes y el material radioactivo. Además, hay antecedentes de accidentes de naves que transportan material radioactivo, abandono de carga radioactiva hundida, encubrimientos de incidentes, falsificación de información y fallas en el sistema de seguridad durante el tránsito por aguas de Panamá (Escoffery su Cit )

Esto representa el potencial de un incidente de contaminación radioactivo con perjuicio extremo a la vida y a la salud de las personas cercanas al Canal, a la potabilidad del agua del Lago Gatún y Alajuela. O sea, que se pone en peligro

la integridad del Canal de Panamá y de las áreas cercanas, incluyendo las ciudades de Panamá y Colón. A continuación se indican algunos casos interesantes, incluyendo algunos incidentes que se suponía que no podían suceder (Escoffery op Cit )

- El “Sturgis”, fue una barcaza construida con el casco del “SS Charles H Cuble”, un barco tipo “Liberty” usado en la Segunda Guerra Mundial. Adentro se instalo un reactor nuclear, convirtiéndose en la primera planta nuclear flotante, y se rebautizó “Liutenant General Samuel D Sturgis, Jr ”, con la descripción MH-1A (M = Mobile, H = High powered, A = field installation). El Sturgis fue remolcado e instalado en el lago Gatún, entre la esclusa y la represa. Estuvo en operación desde el 5 de Octubre de 1968 hasta 1976, administrado por el ejército de EUA, abasteciendo 10 Mw de electricidad y agua potable a sus bases militares y a la CCP en la antigua Zona del Canal. El enfriamiento era con agua del lago Gatún, que se presume era descargada al río Chagres rumbo al mar.

- El “Levoli Sun”, un tanquero de químicos de tamaño similar a los barcos “Pacific”, diseñado bajo las normas del Código IBC de 1986 incluyendo doble casco en 95% de su largo, se hundió en el Canal de la Mancha (entre el Reino Unido y Francia) en el 2000.

- El "Pool Fisher", uno de los primeros barcos en dedicarse al transporte de material radioactivo, se hundió en el Canal de la Mancha en 1979, al inundarse con agua que entró por las tapas de los compartimientos de carga mal cerrados
- El "Sheitsin Maru" es el primer barco que se sabe públicamente que transportó cantidades significativas de material radioactivo entre Europa y Japón, a través del Canal. El cargamento era 250 Kg de Plutonio. El barco era un carguero que normalmente transportaba piedras, por lo que carecía de los requisitos que hoy se consideran necesarios para el transporte seguro de material radioactivo. El tránsito se realizó el 21 de Octubre de 1984
- El "Akatsuki Maru" (nombre temporal que le dieron al barco "Pacific Crane" de PNTL), fue uno de los primeros transportes marítimos de material radioactivo, con conocimiento público antes de su zarpe. El cargamento fue 17 toneladas de Plutonio, que estuvo protegido por una escolta armada desde que zarpó de Francia el 7 de Noviembre de 1992 hasta que llegó a Japón el 4 de Enero de 1993, navegando sin entrar en el mar territorial de otros países. Este tránsito causó la protesta de 60 países en sus posibles rutas, incluyendo a Panamá
- El "Swallow", un carguero general que transportaba Combustible nuclear irradiado (CNI) de Taiwán a los EUA, tuvo un accidente y tuvo que permanecer atracado con su cargamento en Manzanillo (México) por 3 meses no programados



- El “Mont-Louis” chocó con un ferry y se hundió en 1984 en el Mar del Norte frente a la costa de Bélgica, a 15 metros de profundidad. El salvamento demoró 6 días. La carga era 450 toneladas de “Hexafluoruro de Uranio” (UF<sub>6</sub>). De los 30 envases a bordo, 2 envases ya habían perdido el sello y habían sido penetrados por el agua.
- El “Ardlough” se encontró con mal tiempo en 1986 y se le cayó una carga de Californium (Cf-252, material radioactivo emisor de ondas alfa y gamma) en el Mar de Irlanda, que nunca fue rescatada.
- El “Vishva Parijat” transportaba CNI de India. Cuando atracó en Enero de 1991 en el Reino Unido, se descubrió que el exterior del embalaje estaba contaminado.
- El “Sanko Harvest”, después de haber descargado su embarque de CNI en 1991, zarpó de EUA hacia Australia, encalló, se abrió y se hundió, soltando su contenido al mar.
- El “Pacific Sandpiper” fue abordado en 1993 cuando navegaba por el Mar de Irlanda transportando CNI de Japón, por 6 activistas de Greenpeace que se amarraron a las grúas. Si hubieran sido terroristas, la historia sería distinta.

- El "MSC Carla" (de bandera panameña), el 24 de Noviembre de 1997, se encontró con mal tiempo y se partió en dos. La parte delantera se hundió el 30 de Noviembre a 130 Km de las islas Azores, aproximadamente a 1,000 metros de profundidad, con una carga de Cesio. Se decidió no rescatarlo.
- El "City of Manchester" en 1999 sufrió un incendio del cuarto de máquinas y quedó a la deriva. El barco tuvo que ser rescatado y permanecer en el puerto de Milford Haven (Reino Unido) hasta ser reparado, junto con su carga de 10 toneladas de "Dióxido de Uranio" (UO<sub>2</sub>, polvo fisiónable de Uranio enriquecido).
- Los barcos clase INF durante 1991-2000 reportaron a MAIB (Marine Accident Investigation Branch, "Rama de Investigación de Accidentes Marinos del Departamento del Ambiente, Transporte y las Regiones" del Reino Unido).

Seguramente hay más incidentes, pero estos han sido los más conocidos y que se tiene información al respecto.

Por otro lado, El grupo PNTL también ha tenido su cuota de fallas. En Abril de 1998, la Dirección de Seguridad de Instalaciones Nucleares de Francia, hizo una inspección en la terminal de COGEMA y notó que, desde 1990, una gran proporción de los paquetes y vagones utilizados estaban contaminados. COGEMA suministra los embalajes para el transporte del material radioactivo que pasa por el Canal. Igualmente, BNFL ha tenido su parte de accidentes y

contaminaciones Pero aún más importantes son los hechos relacionados a la falsificación de certificados de calidad (Escoffery op Cit )

Volviendo a enfocarnos en el Canal de Panamá este no ha estado exento de accidentes Existe la experiencia de barcos que chocan entre sí, con muelles y con esclusas, que encallan, se incendian, y que sufren otros incidentes A pesar que todos los barcos que cruzan el Canal están certificados y son inspeccionados por personal de la ACP, los accidentes ocurren Como muestra, se puede leer en los medios sobre algunos accidentes (Escoffery su Cit )

- Octubre 19,1999 “Galápagos Discovery” se incendia

- Diciembre 6, 2000 “Nopporn–Naree” choca esclusa

- Enero 7, 2001 “Jag Rekha” se le hunde la proa

- Febrero 24, 2001 “Neápolis” derramó petróleo

El “Stolt Loyalty” es otro barco con un caso importante El incidente ocurrió el 4 de Marzo del 2000, afectando a 17 pasacables con náuseas y dolor de cabeza, requiriendo atención médica y causando la suspensión de operaciones de la esclusa de Pedro Miguel por una hora Después se comprobó que fue un escape de gas irritante (anhídrido ascético) (Escoffery op Cit )

Hablemos sobre los recipientes, está hecho con un tipo de acero propenso a fallar, principalmente en las soldaduras, lo que permitiría la salida de material radioactivo. Además, si falla el sistema de refrigeración, el recipiente puede recalentarse y aumentar la probabilidad de un incidente.

Los embalajes están sujetos a pruebas que no representan la realidad (Transportation Accident of Ship Carrying Vitrified High-Level Radioactive Waste, por "Radioactive Waste Management Associates (1997))

**Caída** La energía kinética ("inercia") de un barco que colisiona a otro puede equivaler a la caída de más de 100 metros de altura, significativamente mayor a la prueba. Además, la prueba se hace sobre una superficie plana en vez de una superficie angular.

**Caída** La barra usada en la prueba es plana y redondeada, en vez de angular.

**Fuego** En caso de un incendio, la temperatura podría subir a más de 1,300 °C por varios días, agravado con la combustión del propio combustible del barco (Se estima que cuando el barco Pacific transita por el Canal tiene 200,000 galones de combustible, además de 7 toneladas de explosivos de su armamento de seguridad) (Escoffery op Cit )

**Inmersión** En ambas costas las profundidades pueden ser mayores de 3,000 metros, las cuales son significativamente mayores a la prueba

**Prueba Integral** Hay que definir una prueba que comprenda una situación real de riesgo máximo. Por ejemplo, combinar un golpe equivalente a una colisión con otro barco, con una superficie rígida angular, seguida de un incendio de más de 1,300 °C por varios días y la inmersión por varios meses a más de 3,000 metros. Hay reportes de casos similares en que se concluyó que los embalajes no sobrevivirían un accidente serio. También se reportó que los sellos comienzan a fallar a los 200 metros y el embalaje colapsaría totalmente a los 3,600 metros (Escoffery su Cit.)

Es interesante resaltar, que en el caso de EUA, éste decretó la ley Abercrombie-Jones, que prohíbe el tránsito de Plutonio por EUA, a menos que los contenedores del Plutonio sean certificados por el US Nuclear Regulatory Commission (Escoffery su Cit.)

Habiemos ahora de los barcos, que no solo están sujetos a accidentes (como vimos anteriormente) y fuerza mayor, que podrían superar su capacidad de diseño. El doble casco de los barcos tipo Pacific solo es en la parte de carga, pero no es así en la proa y popa, donde están los sistemas vitales de operación. Además, el doble casco obliga a considerar la posibilidad de que se llene

parcialmente con combustible, creando una condición apta para un incendio severo al área de carga

La resistencia a colisiones de los barcos Pacific supuestamente se diseñó para el impacto de barcos de 24,000 toneladas de desplazamiento navegando a 15 nudos (28 km/hora) Actualmente los barcos son mayores Los grandes tanqueros de petróleo, gas y minerales, son entre 100,000-500,000 toneladas Además, la velocidad de crucero de los barcos es mayor (Escoffery su Cit )

- 16 nudos (30 Km/hora) los grandes barcos
- 20-24 nudos (37-44 km/hora) los barcos normales de transporte de gas, carros y contenedores
- 30 nudos (55 km/hora) algunos barcos militares

El grupo PNTL no ha mantenido una “cultura de seguridad”, como lo demostró la falsificación de certificados de calidad, el uso de embalajes contaminados, y el haber permitido el abordaje de sus barcos en 2 ocasiones en 1993 y 1998 en su tránsito por el Canal de Panamá La reacción del material radioactivo con el aire y el agua dependerá del material específico (INF, Plutonio,

Combustible nuclear, Uranio, etc ), su composición y la temperatura Por ejemplo, según varias fuentes se indica que (Escoffery op Cit )

- A 150 °C, el sello del embalaje falla
- A 250 °C, el MOX (Mixed Oxide fuel, combustible de una mezcla de óxidos de Uranio y Plutonio), puede comenzar un proceso de producción de partículas finas
- A 430 °C, el MOX se comienza a descomponer
- A 610 °C, el vidrio pierde su capacidad de retener el combustible nuclear
- A 639 °C, el Plutonio se derrite

El transporte de material radioactivo involucra riesgos que pueden afectar a terceros Los Estados de tránsito están siendo obligados a asumir los riesgos de un incidente, a pesar que no tienen poder de afectar las decisiones y en muchos casos ni siquiera están informados al respecto Los países de la región también podrían sufrir las consecuencias, principalmente nuestros vecinos Costa Rica y Colombia (Escoffery op Cit )

El tránsito por el canal involucra al personal de seguridad de Panamá, el cual carece del entrenamiento y experiencia necesaria para la protección física y de salud radiológica que se requiere. Un personal sin el entrenamiento adecuado crea más riesgo que la seguridad que está supuesta a ofrecer. Además, el tránsito por el canal impide implementar varias de las medidas de seguridad y de hecho convierten al barco en una presa fácil de atacar (Escoffery su. Cit.).

En caso de emergencia, PNTL tiene un contrato de salvamento con "Smit Salvage", la cual tiene 4 centros de logística: Ciudad del Cabo, Houston, Rotterdam y Singapur. El grupo de apoyo tardaría en llegar y resolver el problema. Cualquier salvamento a más de 100 metros de profundidad sería problemático. Además, la ZEE de Panamá tiene un área considerable con profundidades de más de 3,000 metros. El OIEA (en la sección WP3-2.17.7, página 81 de su reporte AG-940) señala que no hay justificación para recuperar embalajes con INF naufragados a más de 200 metros de profundidad, entendiéndose que esto también lo aplican a los demás materiales radioactivos (Organismo Internacional de Energía Atómica (1986)).

### c. Seguridad.

El terrorismo existe desde tiempos inmemoriales y se basa en lograr objetivos mediante el uso de la violencia o la amenaza de producir daños y



causar daños tanto materiales como a los seres humanos. Los objetivos pueden ser de diversa índole, tales como el reconocimiento internacional, chantaje financiero, reivindicación histórica, liberación de co-partidarios encarcelados, cualquier excusa o pretexto anti-EUA, anti-Panamá, anti-Colombia, anti-comercio-mundial, pro-religión x, y o z, o cualquier otra causa inimaginable, producto de una mente desquiciada.

Los países, organizaciones y personas involucradas en el terrorismo son muchos y hay que tomarlos muy seriamente en consideración (Background Information on Foreign Terrorist Organizations (1999)). Cualquier grupo, existente o nuevo, podría buscar notoriedad o beneficio por medio de un acto terrorista que amenace con una contaminación radioactiva en el canal o aguas de Panamá. El barco está sujeto a un ataque armado y actos de sabotaje durante toda su ruta en aguas de Panamá, incluyendo el trayecto en el canal, sin posibilidad de escape. El riesgo de un atentado terrorista existe. Debemos protegernos contra las catástrofes posibles, aunque aún no hayamos sufrido la experiencia de alguna similar: un solo caso podría ser suficiente para acabarnos (Escoffery op. Cit.).

El ataque a la carga radioactiva es relativamente fácil de visualizar. Hay que recordar cómo en la Guerra del Golfo en 1990, los aliados utilizaron los misiles para penetrar al interior de las fortalezas de varios metros de concreto, y a veces utilizaron un segundo misil para garantizar la destrucción total. Una

acción similar podría penetrar la estructura del barco, el embalaje y el recipiente, y magnificar la dispersión del material radioactivo. Hay grupos terroristas que ya cuentan con misiles y hay otros mecanismos que pueden causar daños igualmente catastróficos.

La captura del barco de PNTL con la carga a bordo sería un escenario peor, ya que les daría a los terroristas mayores opciones de causar daños catastróficos. Hay que recordar el abordaje del Pacific Sandpiper en 1993 y del Pacific Swan en 1998, demostrando la factibilidad de la captura. Si hubieran sido terroristas, hubieran capturado el barco y dispuesto de la carga radioactiva a su antojo (Escoffery su Cit.)

Los recursos de protección son limitados. Actualmente los barcos PNTL viajan en la ZEE sin otro barco escolta. Esto los hace más vulnerables y aumenta el riesgo que suceda un incidente mar adentro que pudiera afectar nuestros mares y costas. La protección de la carga radioactiva requiere de toda una organización con entrenamiento especial, muy superior a la que cuenta Panamá (Escoffery su Cit.)

Los actos terroristas potenciales hay que analizarlos tomando en cuenta otros factores adicionales. Esto está cubierto en forma general en el documento "Recomendaciones para la Protección Física de los Materiales Nucleares"

(INFCIRC/225/Rev 3), en sus artículos 223-225, y en el documento “Guías de Emergencia” del Código INF

La captura del barco de PNTL con la carga a bordo sería un escenario peor, ya que les daría a los terroristas mayores opciones de causar daños catastróficos. Hay que recordar el abordaje del Pacific Sandpiper en 1993 y del Pacific Swan en 1998, demostrando la factibilidad de la captura. Si hubieran sido terroristas, hubieran capturado el barco y dispuesto de la carga radioactiva a su antojo (Escoffery op Cit )

El abordaje del Pacific Swan debe hacernos reflexionar mucho más. Este zarpó de Europa transportando un cargamento de HLW hacia Japón por la ruta del Canal de Panamá. Tres activistas de Greenpeace, sin usar fuerza, lograron abordar el barco, subir hasta el mástil principal, y desplegar un cartel con la leyenda “STOP PLUTONIUM” (Paren el Plutonio), sin que la tripulación se percatara de lo que sucedía. Esto ocurrió a pesar de la protección del personal de seguridad del barco, de las medidas de protección de las organizaciones de seguridad del gobierno de Panamá, de los oficiales de seguridad de la ACP y de la protección del Comando Sur del Ejército de los EUA (Escoffery su Cit )

#### d Ambientales

En caso de contaminación, el grupo PNTL dice que la magnitud sería insignificante, el material radioactivo sería detectado y removido de las superficies terrestres y del agua. Además, la contaminación por vía aérea sería mínima. Y si acaso hubiera algún daño, los Convenios de París y Bruselas otorgarían la compensación respectiva, garantizada por la solvencia económica del grupo PNTL (Escoffery op Cit )

En pocas palabras, los proponentes del tránsito dicen que la posibilidad de un incidente significativo es muy remota (posibilidad en diez millones de millones de millones de veces), por lo que las medidas tomadas son suficientes para cumplir con las normas y para proteger al público (Escoffery su Cit )

Los grupos locales no están preparados para un caso importante y mucho menos si fuera catastrófico. Algunos grupos de apoyo potencial ni siquiera se enteran del tránsito ni conocen sobre el contenido. Un incidente nuclear podría afectar al personal de las organizaciones supuestas a auxiliar a las víctimas y al personal en las sedes de las autoridades. Esto incluye la Presidencia, la Asamblea Legislativa, la ACP, el Consejo de Seguridad, el Ministerio de Salud, el Ministerio de Gobierno y Justicia, y el SINAPROC (Escoffery op Cit )

La contaminación por un incidente puede ser significativa, afectar directamente las personas y superficie terrestre cercana, y extenderse a áreas más lejanas por el aire, el agua y la cadena alimenticia. La limpieza es limitada en la cantidad posible, el tiempo y los recursos requeridos. La descontaminación posible puede tomar años y costar billones de dólares (Nuclear Weapons Production Complex Environmental Compliance and Waste Management (2013))

Según el grupo PNTL, el tránsito de grandes cantidades de material radioactivo representa un riesgo insignificante. Según los que se oponen al tránsito, existe una posibilidad real de un incidente de contaminación radioactiva significativa, inclusive catastrófica. Cualquier persona puede opinar sobre el tema, mientras que cualquier otra persona puede estar en total desacuerdo (Escoffery op Cit )

Lo que se necesita es un estudio de impacto ambiental serio, hecho por profesionales multidisciplinarios (ciencia nuclear, seguridad, terrorismo, medicina, biología, ecología, economía, leyes, etc ) reconocidos ampliamente, que estudien el tema hasta llegar a conclusiones que sirvan de base para establecer (Escoffery su Cit )

- Las condiciones para el tránsito por el canal

- Las medidas preventivas
- Los planes de contingencia
- La descontaminación posible de las personas y el ambiente
- La valorización del daño potencial
- Los cambios necesarios al sistema legal

El estudio de impacto ambiental requerido debe ser mucho más extenso que los exigidos normalmente. Este debe incluir un análisis del riesgo de seguridad que cubra la investigación de los posibles escenarios de sabotajes y atentados terroristas, de grupos internos y externos (Escoffery op Cit )

La protección del ambiente humano y natural es un requisito establecido en varios instrumentos legales, desde la Constitución, Convenios Internacionales y Leyes, que hemos visto a lo largo de este trabajo investigativo, pero que necesitan ser revisados y actualizados pero más que eso cumplidos y que no se conviertan en letra muerta

Hay medidas preventivas que se deben considerar, tomando en cuenta los argumentos de quienes se oponen al tránsito fallas que se alegan del vidrio,

el recipiente, el embalaje, el barco, los sistemas de seguridad, y otros ya mencionadas. El tránsito por el canal se programa sin cruzarse con otros barcos, reduciendo la probabilidad de colisión. Pero siempre existe la posibilidad que ocurra un incidente, por lo que es necesario mantener una “cultura de seguridad” y aplicar el Principio Precautorio (Escoffery su. Cit.):

Cuando haya amenazas serias de daño irreversible, la falta de conocimiento científico completo no deberá ser usada como una razón para posponer medidas económicamente factibles para prevenir la degradación ambiental.

Los planes de contingencia que se han tomado en cuenta son desconocidos. Las solicitudes de información a las autoridades normalmente fueron contestadas demostrando un desconocimiento del tema y desviando la responsabilidad hacia la ACP (Escoffery op. Cit.).

El “Equipo de Respuesta Nacional” (National Response Team, NRT) era un organismo con que contaba la Comisión del Canal de Panamá (CCP), la agencia del gobierno de EUA que administró el Canal hasta el 31 de Diciembre de 1999, creado para la asistencia en casos de emergencia. En teoría cubría casos de contaminación con petróleo, material peligroso y material radioactivo, aunque la parte de radioactividad no era muy explícita. El Comandante de

incidente de la CCP estaba preparado para actuar en casos de emergencia, con el respaldo de los integrantes del NRT (Escoffery su Cit )

- Centro para el Control de Enfermedades, (Center for Disease Control)

- Departamento de Energía

- Departamento de Estado

- Departamento de Defensa

- Departamento de la Marina

- Guardia Costera (Coast Guard)

- Comisión de Reglamentación Nuclear

(Nuclear Regulatory Commission, NRC)

- Agencia para la Protección del Ambiente

(Environmental Protection Agency, EPA)

- Agencia Federal de Administración de Emergencias,



(Federal Emergency Management Agency, FEMA)

- Administración Nacional Oceánica y Atmosférica,  
(National Oceanic and Atmospheric Administration, NOAA)

También estaría disponible cualquier otra organización del gobierno de EUA que pudiera ser de utilidad. Anualmente se realizaban reuniones y prácticas de simulación de emergencias, y se mantenían preparados para responder rápidamente. Este arreglo era solo para la antigua Comisión del Canal de Panamá (CCP), por ser una agencia del gobierno de EUA, y estos recursos ya no están disponibles a la ACP (Escoffery op Cit )

El Centro de Operaciones de Emergencia actual lo integran todos los organismos relevantes de Panamá, pero que no cuentan con la misma información, personal, equipo, financiamiento, experiencia y otros requisitos básicos. Esta preparación se puede obtener con nuevo personal, entrenamiento, equipo, materiales, presupuesto, recursos, y otras tomando algunas medidas. Parte de estos recursos se pueden contratar del sector privado (Escoffery op Cit )

El tránsito de PNTL hace necesario que se disponga de un sistema integrado preparado adecuadamente de antemano. O sea, que personal local (y en el exterior) conozca los detalles del tema y estén preparados para actuar

inmediatamente con todos los recursos que necesiten. Actualmente, en caso de incidente, la ignorancia probablemente haría que los rescatistas también se conviertan en víctimas. Panamá ha progresado mucho en este sentido, pero todavía le falta mucho para lograr un nivel de preparación suficiente (Escoffery su Cit )

#### e Económicos

Solo por tomar como referencia, en el año fiscal 2000, el Canal reportó 13,653 tránsitos, cobro 430 M\$ en peajes y le pagó al Estado 112 M\$ en derechos por tonelada. O sea que el barco promedio pagó \$31,481 (Reporte anual para el año 2012 de la Autoridad del Canal de Panamá (2012)). Esto representa \$23,279 de costo y \$8,202 de ganancia en peajes al Estado (Escoffery op Cit )

El precio del peaje del Canal es en función del tipo, tamaño y capacidad del barco. El peaje que pagó el Pacific Swan en 1999 fue \$7,018.67 lo cual representa una pérdida económica de \$16,261 en la operación del Canal. Además, hay que considerar el valor de las demás medidas tomadas durante su tránsito. También hay que considerar el costo del riesgo potencial, cuyo valor no ha sido cuantificado pero ciertamente es en billones de dólares. Estos datos se resumen así (Escoffery su Cit )

Tránsitos	13,653	barcos
Ingreso	430	M\$
Ganancia	112	M\$
Ingreso	31,481	\$/barco promedio
Ganancia	8,202	\$/barco promedio
Costo	23,279	\$/barco promedio
Precio	7,018	\$/barco Pacific
Perdida	(-16,261)	\$/barco Pacific

Con un barco promedio ganamos \$8,202, sin embargo, con un barco Pacific perdemos \$16,261, lo que indudablemente, nos demuestra que económica y financieramente los barcos que transportan material radiactivo, no representan ningún beneficio económico relevante o de importancia, muy por el contrario generan pérdidas y son potencialmente peligrosos, a tal punto que no solo acabarían con el negocio del Canal de Panamá, sino que acabarían con Panamá mismo (Escoffery su Cit )

## **CONCLUSIONES**

- 1 El hombre desde su aparición en el planeta, ha procurado siempre la manera de satisfacer sus necesidades energéticas, y con el descubrimiento y desarrollo de la energía nuclear pensó haber encontrado una fuente de energía limpia y económica que reemplazara segura y progresivamente los combustibles fósiles con sus efectos contaminantes, sin embargo, con el pasar de los años, la realidad ha sido otra, ya que a pesar de ser una fuente energética de gran magnitud, y que tiene aplicaciones en distintos campos, que indudablemente, han contribuido significativamente al desarrollo y bienestar de la humanidad, trae consigo graves consecuencias cuyas secuelas pueden durar miles de años, relacionadas con la gestión, seguridad y manejo de los residuos propios de esta industria, lo cual sin lugar a dudas, representa un potencial y enorme riesgo para la vida de las personas en particular y para el ambiente en general,
  
- 2 La radiación es un elemento intrínseco de la industria nuclear y la peor amenaza que tiene hacia la humanidad, siendo su principal efecto la ionización, causado por las radiaciones emitidas por las sustancias radiactivas. Las radiaciones ionizantes pueden producir daños a la salud graves e irreversibles dependiendo del grado de exposición o dosis que se haya expuesto. No obstante, es un hecho constatado que el entorno humano presenta niveles significativos de radiaciones ionizantes de forma natural, y que el uso de la tecnología nuclear en distintos campos, como el médico, supone la exposición a una pequeña dosis, la cual puede ser manejada y asimilada perfectamente por el cuerpo humano, pero es igualmente cierto

que un accidente nuclear como se ha comprobado a lo largo de la historia, expone a los seres humanos a dosis de radiación que son extremadamente altas, perjudiciales e insoportables para el cuerpo humano, que en la mayoría de los casos con el transcurrir del tiempo tiene consecuencias mortales

- 3 La industria nuclear en sus diferentes facetas y aplicaciones genera residuos radiactivos de diferentes tipos en atención a su estado físico, tipo de radiación emitida, actividad, periodo de semidesintegración, radiotoxicidad etc, que de acuerdo con criterios basados en su actividad y periodo de semidesintegración, requieren una clasificación de los mismos con vistas al almacenamiento definitivo en distintos tipos de lugares especialmente acondicionados para tal fin, no obstante, esto acarrea un problema colateral, que es el transporte de estos residuos hasta esos lugares con los inherentes riesgos para los países en ruta de estos tráficos, por consiguiente, la gestión de los residuos radiactivos debe ser de manera eficaz, segura y eficiente, con vistas a proteger la salud del ser humano y el ambiente ahora y en el futuro, sin que ello suponga una carga para las generaciones futuras, en concordancia con los objetivos de desarrollo sostenible
- 4 La Organización Internacional de Energía Atómica, junto a la Industria Nuclear y en colaboración con otros Organismos internacionales, ha elaborado una normativa internacional para regular la industria nuclear en aspectos técnicos, de seguridad y compensación por incidentes en la esfera nuclear, que indudablemente, involucran al sector marítimo, por ser este el

medio de transporte más usado en la esfera del comercio y tráfico marítimo internacional, con el objetivo de brindar un marco de seguridad para las operaciones de transporte de material radiactivo en todas sus modalidades por vía marítima

- 5 La República de Panamá, como país eminentemente marítimo, por su posición geográfica privilegiada y por razón del Canal de Panamá, se ha convertido en la ruta más factible para estos buques con material radiactivo, lo cual se ha acentuado, por la negativa de otras posibles rutas, como el Canal de Suez, que ha impuesto requisitos estrictos y costosos, en virtud de los enormes riesgos que estos tráficos representan para sus colectividades y su entorno
- 6 La República de Panamá, como registro de buques mercantes, líder a nivel mundial, es signataria de los Convenios más importantes para la protección de la vida humana en el mar, la seguridad de la navegación y la prevención de la contaminación en general, y en el tema de transporte de material radiactivo, del Convenio SOLAS, El Código de Combustible Nuclear Irradiado y el Código Internacional de Mercancías Peligrosas, en particular, que son normas de carácter técnico que rigen aspectos de seguridad de los buques que transportan estos materiales, así como los tipos de embalajes o recipientes utilizados para su transporte

- 7 La Autoridad del Canal de Panamá, permite el tránsito de buques con material radiactivo a través del mismo, amparándose en el Tratado de Neutralidad, su Ley Orgánica y sus Reglamentos, sin embargo solo autoriza o prohíbe el tránsito por sus instalaciones de dichas embarcaciones, más no es garante del contenido y las condiciones tanto de los buques como del cargamento de estos barcos, lo cual es un riesgo que atenta no solo contra la estabilidad de la vía acuática, sino también contra la seguridad de la Nación panameña
- 8 La Autoridad del Canal de Panamá, no es un Ente Supranacional, que está por encima de los Órganos de Gobierno de la República de Panamá, muy por el contrario, en virtud de la Estrategia Marítima Nacional y a título constitucional, está supeditada a la Autoridad Marítima de Panamá, por ende, no puede desconocer y violentar los Tratados y Convenios sobre Derechos Humanos, Derechos del Mar, Navegación y Protección y Preservación Ambientales ha suscrito la República de Panamá, que son opuestos al tránsito de estos buques por nuestras aguas
- 9 La Republica de Panamá, e incluyendo la Autoridad del Canal de Panamá, a pesar de afirmar lo contrario, no cuenta con el equipo ni el personal capacitado para hacerle frente a una catástrofe de proporciones apocalípticas, como sería un accidente nuclear, lo cual se ha comprobado con algunos incidentes que se han suscitado en las aguas del Canal de Panamá, tales como accidentes, incidentes de contaminación e inclusive la



toma de varios de estos buques por activistas ambientalistas, lo cual deja en tela de duda las medidas de seguridad que tiene la Autoridad del Canal de Panamá

- 10 Tomando en consideración el planteamiento de que El Canal de Panamá es indefendible, la República de Panamá, cada vez que permite el tránsito de estos buques con cargamento radiactivo, no solo se expone a los riesgos per se de esta carga, sino también al riesgo estocástico, de un atentado terrorista, que para estos grupos organizados y con células a nivel internacional, el material radiactivo constituye un objetivo muy atractivo y un elemento de coerción sumamente poderoso, en atención al mismo y el agregado del perjuicio para la navegación y el comercio mundial significaría, el cierre de operaciones del Canal de Panamá por un incidente terrorista, lo cual no estaría cubierto bajo ninguna póliza de seguro en este mundo
- 11 El Régimen Internacional de Compensación por incidentes nucleares, tiene un ámbito de aplicación muy limitado, tomando en consideración a las partes contratantes, que en su mayoría son países con una industria nuclear establecida, y además señalan toda una serie de limitaciones y excepciones de responsabilidad, cuando los sucesos ocurran en jurisdicciones de países no contratantes, lo cual es a todas luces desventajoso para la República de Panamá, igualmente, Las garantías financieras, de existir alguna, no serían suficientes para mitigar ni indemnizar y muchos menos retrotraer al estado original, nuestra flora, fauna, ambiente y calidad de vida de los ciudadanos

que poblan este Istmo, sin mencionar lo dilatado, costoso, engorroso y difícil, que sería comprobar la responsabilidad de los autores materiales de un incidente de contaminación radiactiva en nuestros mares, o lo que sería peor aún, en algunos casos, estos convenios responsabilizan a los Estados en tránsito, que en nuestro caso, por ser un práctico de la Autoridad del Canal de Panamá, el que asume el mando del buque, sería un eximente de responsabilidad para los dueños de estas cargas

12 La Autoridad del Canal de Panamá, más que obtener un ingreso o rentabilidad económica de permitir el tránsito de estos buques a través de sus aguas, le resulta oneroso, porque el sistema de cobro de peajes por tránsito se sustenta en el tonelaje y dimensiones de los buques, y al ser estos buques de dimensiones moderadas y de poco tonelaje, no representan ninguna ventaja ni económica, ni financiera, lo cual levanta un velo de sospecha de ¿cuáles serán las verdaderas causas, razones y circunstancias que motivan a los dignatarios de la Autoridad del Canal de Panamá a permitir el paso de estos buques?

13 Tratando de ser objetivo y con base a los resultados obtenidos producto de este trabajo investigativo, y tomando en consideración el principio precautorio, inserto en nuestra Carta Magna en general y en nuestra legislación ambiental en particular, podemos concluir de manera inequívoca y en atención a lo que es sabio, prudente, justo y benéfico para nuestro hermoso país, que no existe razón legal, ni económica, ni social, ni política, ni

moral y mucho menos humanitaria, para permitir el tránsito de material altamente radioactivo por el Canal de Panamá, y que en base al derecho internacional y nacional, la República de Panamá, tiene toda la potestad como Estado libre y soberano de prohibir el tránsito de estos buques por su territorio

## **RECOMENDACIONES**

1 El Gobierno de la Republica de Panamá, en atención a su obligación de cumplir y hacer cumplir la Constitución y todas las leyes, en todo el territorio nacional debe exigirle a la Autoridad del Canal de Panamá, que suspenda los permisos de tránsito de estos buques con material radiactivo altamente contaminante por el Canal de Panamá, por no existir elementos de juicio ni argumentos contundentes de ningún tipo, que justifiquen dichos tránsitos

2 Debe realizarse un gran debate nacional sobre esta problemática, con la participación de expertos en la materia y en materias afines, incluyendo a los miembros de la Autoridad del Canal de Panamá, de forma tal, que se pueda elaborar una normativa, que abarque de manera completa, total y absoluta el tema del tránsito de materiales radiactivos por nuestro país, porque si bien es cierto no pueden prohibirse los tránsitos de buques que contengan material radiactivo destinado a fines médicos, industriales o agrícolas, pero si reglamentar los mismos mediante una legislación moderna y vanguardista, que permita su transporte de manera segura y sin riesgo, e igualmente, que prohíba aquellos tránsitos de residuos o desechos radiactivos, que son simplemente el desperdicio de una industria altamente contaminante

3 Tomando en consideración los argumentos contundentes y fehacientes que se han demostrado, la Republica de Panamá, debería declarar no solo a nivel nacional, sino también en los foros internacionales, tales como La Organización de Naciones Unidas (ONU), La Organización de Estados Americanos (OEA) y la Organización Marítima Internacional (OMI) y otros Organismos afines, que el

paso de buques con material y residuos o desechos radiactivos altamente contaminante por sus aguas, constituye una amenaza real y de proporciones indescritibles, no solo para el bienestar, seguridad y salud de la población panameña y su ambiente, sino además un riesgo potencial para toda la región de Latinoamérica

## **BIBLIOGRAFIA**

## TEXTOS

ALFARO CAMPOS, M y VARGAS ELIZONDO, C (2005) Energía y Tecnología Nuclear Consideraciones Éticas, Sociales y Ambientales Editorial Tecnológica de Costa Rica, Costa Rica 319 págs

BERNAL, C (2006) Metodología de la Investigación para la Administración y Economía, humanidades y ciencias sociales Pearson Educación de Santa Fe, Bogotá, Colombia 286 págs

BURGE, R (1989) The Environmental Case for Nuclear Power AECL Ascent, Vol 8, No 1, Primavera 1981 U S A 54 págs

CRAWFORD, R FISLER, L HENKIN, L SCHACHTER, O y SMIT H (2001) International Law Cases and Materials Fourth Edition American Casebook Series, St Paul, Minnesota, USA 155 págs

CODERCH, M y ALMIRÓN, N (2008) El Espejismo Nuclear Por qué la energía nuclear no es la solución, sino parte del problema Los libros del linco Colección sin fronteras Barcelona, España 227 págs

COHEN, B L (1984), The Hazards of Nuclear Power High Level Waste, en The Resourceful Earth Pittsburgh, University U S A

CORRAL SUÁREZ, M (1988) El vertido de residuos radiactivos en la fosa atlántica y el derecho internacional ISBN 84-7762-053-9 Universidad de Valladolid España 245 Págs

COSIALLS UBACH A M (2012) La responsabilidad civil derivada de sustancias nucleares y radiactivas en España Editorial Indret, Revista para el análisis del Derecho, Facultad de Derecho, Universidad de Barcelona España 45 págs

DEL OLMO, C GALLEGU, E GONZALEZ, I LÓPEZ GARCÍA, A TOHARIA, M ULIBARRI, A URIARTE A (2007) GESTIÓN DE RESIDUOS RADIATIVOS SITUACIÓN, ANÁLISIS Y PERSPECTIVA Vol 1 Fundación para Estudios sobre la Energía, Madrid, España 297 págs



ESCOFFERY R (2001) Tránsito de Material Radioactivo por Panamá 1a Edición Departamento de Imprenta, Asamblea Legislativa, Panamá 147 págs

GABALDÓN GARCÍA, J L, RUÍZ SOROA, J M (2006) Manual de Derecho de la Navegación Marítima Tercera edición Ediciones Jurídicas y Sociales, S A, Sans Sotero, Madrid, España 225 págs

GIL, E (2000) La regulación de la Gestión de los Residuos Radiactivos en España Tomo I Curso sobre Gestión de Residuos Radiactivos, Edit Ciemat, Madrid, España 120 págs

LOSILLA PERALTA, E (1993) La reglamentación internacional del transporte de materiales radiactivos Universidad de Zaragoza 194 págs

MAFFEI, FUENZALIDA, J L (1963) La Energía Nuclear ante el Derecho Editorial Jurídica de Chile, Chile 328 págs

MARTINEZ, GÓMEZ, L (1978) La alternativa Nuclear en México Cuadernos Políticos, No 16 Editorial Era, Abril-Junio, México 20 págs

MARTÍNEZ, NEGRETE, A (2011) Los Accidentes Nucleares de Fukushima No 103 En Ciencias, Revista de Difusión de la Facultad de Ciencias de la UNAM, Julio-Septiembre, México, 16 págs

MEDINA ALCOZ, M (2012) La culpa de la víctima en la producción del daño extracontractual, Dykinson, Madrid 185 págs

O'CALLAGHAN MUÑOZ, X (2008) La responsabilidad objetiva, en Juan Antonio MORENO MARTÍNEZ (Coord ), La responsabilidad civil y su problemática actual, Dykinson, Madrid, España 800 págs

PHUONG, HA-VINH (1973) Aspectos jurídicos del transporte internacional de materiales radiactivos Volumen 21, No 6, Boletín de la Organización Internacional de Energía Atómica, Viena, Austria 18 págs

POPE, R B y otros (2001) A Worldwide Assessment of the Transport of Irradiated Nuclear Fuel and High-level Waste, Proceedings of the International Symposium on Packaging and Transportation of Radioactive Materials Edit PATRAM 2001, Chicago, EE UU 309 págs

RODRIGUEZ, R (1978) Introducción a la tecnología nuclear Editorial Universitaria de Buenos Aires, Argentina 633 págs

RODRÍGUEZ GONZÁLEZ, A (2009) El deber de aminorar las consecuencias del siniestro en el contrato de seguros Dykinson, Madrid, España 215 Págs

ROJAS, J A (1989) Desarrollo Nuclear en México UNAM, México 194 págs

STREISGUTH T (2000) Nuclear and toxic waste Cengage Gale 2000 Cornell University, N Y U S A 96 págs

TOCINO BISCAROLASAGA, I (1975) Riesgo y daño nuclear de las centrales nucleares, Editorial Junta de Energia Nuclear, Madrid, España 618 págs

VEIGA COPO, A B (2010) La temporalidad en el contrato de seguro, riesgo y siniestro una ecuación interesadamente compleja", revista española de seguros, núm 142, Madrid, España 302 págs

WITHERSPOON, P and BODWARSSON (2006) Geological Challenges in Radiactive Waste Isolation Fourth Worldwide Review LBNL-59808 Technical Report, Berkeley National Laboratory, U S A 741 págs

PUBLICACIONES DE ORGANISMOS INTERNACIONALES

ICRP, INTERNATIONAL COMMISSION ON RADIOLOGICAL PROTECTION (1990) Recommendations of the International Commission on Radiological Protection, ICRP Publication 60, Pergamon Press, Oxford, 1991 Traducción al español por la Sociedad Española de Protección Radiológica (www.sepr.es) Madrid, 1995

NRC U S NUCLEAR REGULATORY COMMISSION (1993) Health Effects Models for Nuclear Power Plant Accident Consequence Analysis Report NUREG/CR-4214 Washington D C U S A

ORGANISMO INTERNACIONAL DE ENERGÍA ATÓMICA (2005) Accident analysis for nuclear power plants with graphite moderated boiling water RBMK reactors Viena, Austria

ORGANISMO INTERNACIONAL DE ENERGÍA ATÓMICA (1990) Código de Práctica sobre movimientos internacionales transfronterizos de desechos radiactivos Boletín No 4

ORGANISMO INTERNACIONAL DE ENERGÍA ATÓMICA (2001) Gravedad, probabilidad y riesgo de accidentes ocurridos durante el transporte marítimo de materiales radiactivos, OIEA-TECDOC-1231, OIEA, Viena, Austria

ORGANISMO INTERNACIONAL DE ENERGÍA ATÓMICA (2000) Infraestructura jurídica y gubernamental referente a la radiación nuclear, los desechos radiactivos y a la seguridad del transporte, Colección de Normas de Seguridad No GS-R-1, OIEA, Viena, Austria

ORGANISMO INTERNACIONAL DE ENERGÍA ATÓMICA (2005) Manual explicativo para la aplicación del Reglamento del OIEA para el transporte seguro de materiales radiactivos (edición de 2005)", Colección de normas de seguridad N° TS-G-1 1 (Rev 1), OIEA, Viena, Austria

ORGANISMO INTERNACIONAL DE ENERGÍA ATÓMICA (1997) Normas básicas internacionales de seguridad para la protección contra la radiación ionizante y para la seguridad de las fuentes de radiación, Colección Seguridad, n° 115 OIEA Viena, Austria

ORGANISMO INTERNACIONAL DE ENERGÍA ATÓMICA (1997) Normas básicas internacionales de Seguridad para la protección contra la radiación ionizante y para la seguridad de las fuentes de radiación, Colección Seguridad, nº 115 OIEA Viena, Austria

ORGANISMO INTERNACIONAL DE ENERGÍA ATÓMICA (2014) Nuclear Technology Review Editorial Note, OIEA, Viena, Austria

ORGANISMO INTERNACIONAL DE ENERGÍA ATÓMICA (1996) Protección contra la Radiación y para la Seguridad de las Fuentes de Radiación, Colección Seguridad No 120, OIEA, Viena, Austria

ORGANISMO INTERNACIONAL DE ENERGÍA ATÓMICA, (2000) Reglamento para el Transporte Seguro de Materiales Radiactivos (ST-1, edición de 1996, revisada), Colección de Normas de Seguridad No TS-R-1, OIEA, Viena, Austria

ORGANISMO INTERNACIONAL DE ENERGÍA ATÓMICA (2009) Reglamento para el transporte seguro de materiales radiactivos, edición de 2009, Colección de Normas de Seguridad Nº TS-R-1, OIEA, Viena, Austria

ORGANISMO INTERNACIONAL DE ENERGÍA ATÓMICA (1988) Responsabilidad por daños nucleares Situación y perspectivas Boletín No 4

ORGANISMO INTERNACIONAL DE ENERGÍA ATÓMICA (1998) Safety of Transport of Radioactive Material, GOV/1998/17 y su anexo, Informe sobre instrumentos y reglamentos internacionales vinculantes y no vinculantes referentes al transporte seguro de materiales radiactivos y su aplicación, GOV/1998/17 Anexo, OIEA, Viena, Austria

ORGANISMO INTERNACIONAL DE ENERGÍA ATÓMICA (1986) Sobre salvamento de embalajes a más de 200 metros de profundidad Reporte AG-940 del OIEA, página 81, sección WP3-2 17 7 Viena Austria

ORGANIZACIÓN MARÍTIMA INTERNACIONAL (2002) Código IGS — Código IGS de la OMI, Código Internacional de Gestión de la Seguridad y Directrices

revisadas para la aplicación del Código IGS, Edición de 2002, OMI, Londres, Reino Unido

ORGANIZACIÓN MARÍTIMA INTERNACIONAL (2009) Convenio Internacional para la Seguridad de la Vida Humana en el Mar, (SOLAS), Edición consolidada, 2009, OMI, Londres, Reino Unido

ORGANIZACIÓN MARÍTIMA INTERNACIONAL (2009) Código para la seguridad del transporte de combustible nuclear irradiado, plutonio y desechos de alta actividad en cofres a bordo de los buques (Código CNI), OMI, Londres, Reino Unido

ORGANIZACIÓN MARÍTIMA INTERNACIONAL (2011) Código Marítimo Internacional de Mercancías Peligrosas (IMDG), incluida la Enmienda 36-11 — Edición de 2011, OMI, Londres, Reino Unido

ORGANIZACIÓN MARÍTIMA INTERNACIONAL (2000) Convenio relativo a la responsabilidad civil en la esfera del transporte marítimo de materiales nucleares , OMI, Londres, Reino Unido

ORGANIZACIÓN MARÍTIMA INTERNACIONAL (2000) Directrices relativas a la elaboración de planes de emergencia de a bordo para los buques que transporten materiales a los que se aplica el Código CNI, OMI, Londres, Reino Unido

### CONVENIOS INTERNACIONALES Y LEYES

CÓDIGO CIVIL DE LA REPUBLICA DE PANAMÁ Ley N° 2 de 22 de agosto de 1916 Publicada en la Gaceta Oficial N° 2 404 de 22 de agosto de 1916

CONSTITUCIÓN POLÍTICA DE LA REPUBLICA DE PANAMÁ DE 1972, reformada por los actos reformativos de 1978, por el acto constitucional de 1983 y los actos legislativos 1 de 1983 y 2 de 1994 y al Acto Legislativo No 1 de 2004, tomando como referencia el Texto Unico publicado en Gaceta Oficial no 25176 del 15 de noviembre de 2004

CONVENCIÓN SOBRE ASISTENCIA EN CASO DE ACCIDENTE NUCLEAR O EMERGENCIA RADIOLÓGICA Ley 101 del 30/12/98, GO No 23,715 del 19/1/99

CONVENCIÓN SOBRE LA PRONTA NOTIFICACIÓN DE ACCIDENTES NUCLEARES Ley 102 del 30/12/98, GO No 23,715 del 19-Ene-99

CONVENCIÓN SOBRE LA PROTECCIÓN FÍSICA DE LOS MATERIALES NUCLEARES Ley 103 del 30/12/98, GO No 23,715 del 19/1/99

CONVENIO DE LAS NACIONES UNIDAS SOBRE EL DERECHO DEL MAR (1982) Ley 38 del 4/1/96, GO No 23,056 del 12/6/96

CONVENIO DEL PACÍFICO SUDESTE (Comisión Permanente del Pacífico Sur) CONVENIO PARA LA PROTECCIÓN DEL MEDIO MARINO Y AREA COSTERA DEL PACÍFICO SUDESTE Ley 4 del 25/3/86, GO No 20,534 del 17/4/86

DECRETO DE GABINETE 1 DE 15 DE ENERO DE 1969 (G O No 16292 de 4/2/69)"Por el cual se crea el Ministerio de Salud, se determina su Estructura y Funciones y se establecen las Normas de Integración y Coordinación de las Instituciones del Sector Salud"

DECRETO LEY 7 DEL CONSEJO DE GABINETE DEL 10/2/98, GO No 23, 484, del 10/2/98, por el cual se crea la Autoridad Marítima de Panamá

LEY GENERAL DEL AMBIENTE DE LA REPÚBLICA DE PANAMÁ Ley No 41 del 1/7/98, GO No 23,578 del 2/7/98

LEY ORGÁNICA DE LA AUTORIDAD DEL CANAL DE PANAMÁ Ley 19 del 11/6/97, GO No 23, 309 del 13/6/97

REGLAMENTO DE PROTECCIÓN Y VIGILANCIA DE LA AUTORIDAD DEL CANAL DE PANAMÁ Acuerdo No 5 del 7/1/99

REGLAMENTO DE ATENCIÓN A SITUACIONES DE EMERGENCIA DE LA AUTORIDAD DEL CANAL DE PANAMÁ Acuerdo No 10 del 6/5/99

REGLAMENTO DE CONTROL DE RIESGOS Y SALUD OCUPACIONAL DE LA AUTORIDAD DEL CANAL DE PANAMÁ Acuerdo No 12 del 3/6/99

REGLAMENTO PARA LA NAVEGACIÓN EN AGUAS DEL CANAL DE PANAMÁ Acuerdo No 13 del 3/6/99

REGLAMENTO SOBRE MEDIO AMBIENTE, CUENCA HIDROGRÁFICA Y COMISIÓN INTERINSTITUCIONAL DE LA CUENCA HIDROGRÁFICA DEL CANAL DE PANAMÁ Acuerdo No 16 del 17/6/99

TRATADO CONCERNIENTE A LA NEUTRALIDAD PERMANENTE DEL CANAL y AL FUNCIONAMIENTO DEL CANAL DE PANAMÁ (1977) GO No 18,451 del 7/11/77

#### REVISTAS Y FOLLETOS

BADILLO ALMARAZ, V E y PÉREZ, J A (2004) Los desechos nucleares ¿de dónde vienen y hacia dónde van? Revista Ciencia, abril-junio Pag 63

BECKMANN, P (1979) The Non-Problem of Nuclear Wastes, Golem Press, Box 1342, Boulder, CO 80306

BIAGGIO, A L (1990) Radiactividad y radiaciones ionizantes No 1 Sociedad Argentina de Radioprotección Buenos Aires, Argentina

BLIX, Hans (1989) "The Role of the IAEA in the Development of International Law" Vol 58 Nordic Journal of International Norwegian

CIALLELLA, N R, (1997) Eliminación de Residuos Radioactivos de Alta Actividad Revista Ciencia hoy, vol 7, No 42 Buenos Aires, Argentina 9 págs

COMUNICADO DEL GRUPO RÍO SOBRE TRANSPORTE DE MATERIAL RADIOACTIVO Y DESECHOS PELIGROSOS (2001)

ESTUDIO SOBRE LA PLANIFICACIÓN DE LA DEFENSA Y LA SEGURIDAD DE LOS PEQUEÑOS ESTADOS INSULARES CON EL FIN DE RESPONDER EN FORMA ADECUADA EN CASO DE UN INCIDENTE O ATAQUE TERRORISTA A EMBARCACIONES QUE TRANSPORTEN DESECHOS NUCLEARES EN EL MAR CARIBE (2003) Preparado por la Secretaría General Consejo Permanente de la Organización de los Estados Americanos - Comisión de Seguridad Hemisférica (conforme a la resolución AG/RES 1886 XXXII-O/02 OEA CP/CSH-590/03

HUGHES J S (1999) Ionising Radiation Exposure of UK Population Review Junta Nacional de Protección Radiológica, NRPB-R311 Reino Unido

ILLUECA E (2001) El Derecho Internacional le Reconoce a Panamá la Facultad de Prohibir el Tránsito por el Canal de Naves Cargadas de Desechos Radioactivos Presentado en el Foro Transito de Material Radioactivo por el Canal de Panamá Disponible a traves de su autor

DIXIE LEE, R (1986) Nuclear Waste What Good Is It? Estudio presentado en el Nuclear Waste Symposium, publicado en Tennessee Law Review, Vol 53, No 3, primavera, U S A

### INFOGRAFIA

ANNIVERSARY OF CHERNOBYL MARKED  
[www.nci.org/0new/chernobyl-ap42601.htm](http://www.nci.org/0new/chernobyl-ap42601.htm) Consultado Junio 2013

AREVA  
[www.areva.com/](http://www.areva.com/) Consultado octubre de 2013

Background Information on Foreign Terrorist Organizations  
[http://www.state.gov/www/global/terrorism/fto\\_info\\_1999.html](http://www.state.gov/www/global/terrorism/fto_info_1999.html) Consultado en diciembre de 2013

BRITISH NUCLEAR FUEL LIMITED  
en [wikipedia.org/wiki/BNFL](http://wikipedia.org/wiki/BNFL) Consultado en octubre de 2013



CAN'T PAY, WON'T PAY PLUTONIUM AND HIGH-LEVEL NUCLEAR WASTE TRANSPORTS AND THE INADEQUACIES OF INTERNATIONAL LIABILITY ARRANGEMENTS, 1999

<http://a520.g.akamai.net/7/520/1533/d7450723e33417/www.greenpeace.org/~nuclear/transport/mox99/papers/liab.pdf> Consultado junio 2013

CAVERO J P 2011 Historia de la energía nuclear Anatomía de la Historia [www.anatomíadelahistoria.com](http://www.anatomíadelahistoria.com) Consultado junio de 2013

CARTA DE LAS NACIONES UNIDAS, 1945

[www.un.org/spanish/aboutun/charter/index.htm](http://www.un.org/spanish/aboutun/charter/index.htm) Consultado julio 2013

CEMENTERIOS NUCLEARES

[es.wikipedia.org/wiki/Cementerio\\_nuclear](http://es.wikipedia.org/wiki/Cementerio_nuclear) Consultado Agosto 2013

CENTRAL NUCLEAR SANTA MARÍA DE GAROÑA

[www.nuclenor.org](http://www.nuclenor.org) Consultado diciembre de 2013

CENTRAL NUCLEAR ALMARAZ

[www.cnat.es](http://www.cnat.es) Consultado en noviembre de 2013

COMBY B (1996) Environmentalists For Nuclear Energy Editorial TNR Reino Unido 350 págs [www.comby.org](http://www.comby.org) Consultado en diciembre de 2013

CONSEJO DE SEGURIDAD NUCLEAR DE ESPAÑA

[www.csn.es/index.php/es/temas/residuos-radiactivos](http://www.csn.es/index.php/es/temas/residuos-radiactivos) Consultado agosto de 2013

CONVENIO DE BRUSELAS Convention of 31st January 1963 Supplementary to the Paris Convention of 29th July 1960, as amended by the additional Protocol of 28th January 1964 and by the Protocol of 16th November 1982 (NEA 1988) <http://www.nea.fr/html/law/nlbrussels.html> Consultado Agosto 2013

CONVENIO DE PARÍS Convention on Third Party Liability in the Field of Nuclear Energy of 29th July 1960, as amended by the Additional Protocol of 28th January 1964 and by the Protocol of 16th November 1982 (NEA) [http://www.nea.fr/html/law/nlparis\\_conv.html](http://www.nea.fr/html/law/nlparis_conv.html) Consultado Julio 2013

CONVENIO DE VIENA Vienna Convention on Civil Liability for Nuclear Damage (OIEA INFCIRC/500, 1963)

[http //www IAEA or at/worldatom/Documents/Infcircs/1996/inf500.shtml](http://www.iaea.org/at/worldatom/Documents/Infcircs/1996/inf500.shtml)

Consultado agosto 2013

CONVENIO DE VIENA, SUPLEMENTARIO Convention on Supplementary Compensation for Nuclear Damage (OIEA INFCIRC/567/Add 1, 1997, en proceso de ratificación)

[http //www IAEA or at/worldatom/Documents/Legal/supcomp.shtml](http://www.iaea.org/at/worldatom/Documents/Legal/supcomp.shtml) Consultado septiembre de 2013

DECLARACIÓN UNIVERSAL DE DERECHOS HUMANOS, 1948

[http //www un org/spanish/aboutun/hrights.htm](http://www.un.org/spanish/aboutun/hrights.htm) Consultado octubre 2013

DECLARACIÓN CONJUNTA SOBRE TRANSPORTE DE DESECHOS RADIOACTIVOS, (documento # S/Inf715) del 5 de Febrero de 1998 (Disponible a través de OPANAL) Consultado diciembre 2013

DECLARACIÓN DE ESTOCOLMO, 1972 (Declaración de la Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Medio Humano)

[http //www conama cl/gestion\\_ambiental/acuerdos\\_inter/estocolmo\\_B.htm](http://www.conama.cl/gestion_ambiental/acuerdos_inter/estocolmo_B.htm)

[http //www un org/esa/sustdev/agenda21sp/nodeclaration.htm](http://www.un.org/esa/sustdev/agenda21sp/nodeclaration.htm) Consultado septiembre 2013

DECLARACIÓN DE RÍO (Declaración de Río sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo, 1992) (Principio 10, 13, 15-19) DECLARACIÓN SOBRE EL "TRANSPORTE MARÍTIMO DE DESECHOS RADIOACTIVOS, Resolución 331 (XIV) del 29 de Marzo de 1995" [http //opanal.org/Conference/spanish/XIV-Ord/Res331.htm](http://opanal.org/Conference/spanish/XIV-Ord/Res331.htm) Consultado noviembre 2013

DECLARACIÓN DE SANTO DOMINGO, 1999 [http //www acs-aec.org/Summit/Spanish/Declaracion\\_sp.htm](http://www.acs-aec.org/Summit/Spanish/Declaracion_sp.htm) Consultado octubre 2013

FORO NUCLEAR 1962 Foro de la Industria nuclear española

[www.foronuclear.org/es/contacto](http://www.foronuclear.org/es/contacto) Consultado julio de 2013

RAGHEB M 2012 fukushima earthquake and tsunami station blackout accident

[mragheb.com/ /Fukushima%20Earthquake%20and%20Tsunami%20Station%20Blackout%](http://mragheb.com/Fukushima%20Earthquake%20and%20Tsunami%20Station%20Blackout%20) Consultado diciembre de 2013

GREENPEACE ESPAÑA (2008) Una energía sin futuro Desmontando las mentiras de la industria nuclear Madrid, España [www.greenpeace.es](http://www.greenpeace.es) Consultado en diciembre de 2013

NUCLEAR DECOMMISSIONING AUTHORITY

[www.nda.gov.uk/](http://www.nda.gov.uk/) Consultado septiembre 2013

Nuclear Weapons Production Complex Environmental Compliance and Waste Management

<http://www.cnle.org/nle/waste-3.html> Consultado diciembre de 2013

PACIFIC NUCLEAR TRANSPORT LIMITED

[www.pntl.co.uk/](http://www.pntl.co.uk/) Consultado septiembre de 2013

REPORTE ANUAL PARA EL AÑO 2012 DE LA AUTORIDAD DEL CANAL DE PANAMÁ, página 13, consultable en la página web

<http://www.pancanal.com/eng/general/reporte-anual/2012/flash.html#/9/>

Consultado diciembre 2013

STATEMENT ON THE MOVEMENT OF NUCLEAR MATERIAL THROUGH THE CARIBBEAN SEA (Marzo de 1999) [www.caricom.org/press](http://www.caricom.org/press/releases/pres19_99.htm)

[releases/pres19\\_99.htm](http://www.caricom.org/press/releases/pres19_99.htm) Consultado noviembre de 2013

TRANSPORTATION ACCIDENT OF SHIP CARRYING VITRIFIED HIGH-LEVEL RADIOACTIVE WASTE, por "Radioactive Waste Management Associates", publicación R97-9, 1997 Consultado diciembre 2013

WORLD NUCLEAR ASSOCIATION <http://www.world-nuclear.org> Consultado noviembre 2013